



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Übersetzung der  
europäischen Patentschrift

⑤1 Int. Cl. 8:  
B 62 D 7/15

⑥7 EP 0 521 450 B1

⑩ DE 692 13 363 T 2

②1 Deutsches Aktenzeichen: 692 13 363.1  
⑥6 Europäisches Aktenzeichen: 92 111 035.9  
⑥6 Europäischer Anmeldetag: 30. 6. 92  
⑥7 Erstveröffentlichung durch das EPA: 7. 1. 93  
⑥7 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: 4. 9. 96  
④7 Veröffentlichungstag im Patentblatt: 16. 1. 97

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1

01.07.91 JP 185874/91 12.07.91 JP 197385/91  
17.07.91 JP 201141/91 12.07.91 JP 62202/91 U

⑦3 Patentinhaber:

NSK Ltd., Tokio/Tokyo, JP

⑦4 Vertreter:

Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser,  
Anwaltssozietät, 80538 München

⑥4 Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, IT

⑦2 Erfinder:

Chikuma, Isamu, Maebashi-shi, Gunma-ken, JP;  
Eda, Hiroshi, Maebashi-shi, Gunma-ken, JP; Kanou,  
Hiroyuki, Maebashi-shi, Gunma-ken, JP; Ando,  
Nobuyasu, Takasaki-shi, Gunma-ken, JP; Kiyono,  
Kaoru, Takasaki-shi, Gunma-ken, JP

⑤4 Elektrisches Vierradlenksystem

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II 5 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 692 13 363 T 2

DE 692 13 363 T 2

NSK LTD.

92 111 035.9

Die vorliegende Erfindung betrifft ein elektrisches Vierradlenksystem für ein Auto, bei dem sowohl die Hinterräder als auch die Vorderräder zum Richtungswechsel des Autos gelenkt werden.

In den letzten Jahren sind Vierradlenksysteme recht beliebt geworden. Dank des Vierradlenksystems lassen sich der Drehradius eines Autos verringern und die Spurhaltigkeit bei hoher Geschwindigkeit verbessern.

Aus US-A-4 741 409 ist ein elektrisches Vierradlenksystem mit zwei Betätigungseinheiten zum Lenken der Räder einer Fahrzeugachse bekannt.

Bei US-A-4 741 409 wird jedes Rad unabhängig von den anderen gelenkt. Die Radabtriebswelle umfaßt ein Paar Teleskop-Zahnstangen, eine für jedes Rad, die jeweils durch eine einzelne Betätigungseinheit mit einem Motor und einem Stirnradgetriebe oder Schneckenradgetriebe mit einem Getriebewirkungsgrad in Vorwärts- und Umkehrrichtung über Null angetrieben werden. Die Zahnstangen sind miteinander im Eingriff, um eine begrenzte Axialverschiebung zu ermöglichen. Wenn ein Motor ausfällt und nicht das relativ hohe Übersetzungsverhältnis zwischen ihm und der entsprechenden Zahnstangenfunktion einhalten kann, um anfangs die zu jenem Zeitpunkt nicht bewegte Zahnstange in der Position zu halten, dann wird der defekte Motor abgeschaltet. Wenn der jeweilige Motor in einer Kurve ausfällt, wird das Rad zur Geradeausrichtung geneigt gehalten.

Bei der bekannten Vorrichtung kann der andere Motor die zweite Zahnstange immer noch zu der blockierten Zahnstange bewegen. Aufgrund der Teleskopanordnung der Zahnstangen tritt bei jedem Richtungswechsel des Fahrzeugs ein toter Gang auf. Wenngleich der tote Gang relativ gering gehalten wird, kann ein solches Spiel unter bestimmten Fahrbedingungen recht gefährlich sein, wenn ein Rad zu flattern anfängt. In diesem Fall ist die Sicherheit des Fahrzeuges bedeutend niedriger als bei einem normalen zweiradgelenkten Fahrzeug, und die Lenkbarkeit ist eingeschränkt.

Aus EP-A-0 292 567 ist eine elektrische Hinterradlenkvorrichtung bekannt, wobei ein Lenk-Drehmoment über ein Schneckenrad-Untersetzungsgetriebe zur Hinterradabtriebswelle eines Fahrzeugs übertragen wird. Das Schneckenrad-Untersetzungsgetriebe hat einen Getriebewirkungsgrad in Umkehrrichtung von null oder weniger, d.h. teilweise selbstblockierende Eigenschaften. Bei anormaler Arbeitsweise wird der Motor vom Schneckenrad-Untersetzungsgetriebe getrennt. Aufgrund der selbstblockierenden Eigenschaften des Getriebes bleiben die Hinterräder in ihrer eigentlichen Position. Wenn ein Motor kaputtgeht und die Hinterräder zur Geradeausrichtung geneigt sind, ist es also unmöglich, die Hinterräder sofort gesteuert in ihre neutrale Geradeausstellung zurückzubringen, was sich recht nachteilig auf die Fahrsicherheit auswirkt.

Aus EP-A2-0 337 360 ist ein anderes Lenksystem bekannt, das eine Feder zum Zurückführen der geneigten Räder in ihre Neutralstellung aufweist.

Bekannt ist auch aus JP-A1-4 118 377 des Anmelders der vorliegenden Erfindung ein Lenksystem der ähnlichen Art, welches den Stand der Technik darstellt und im weiteren beschrieben wird, um das der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Problem zu verdeutlichen.

In den Figuren 5 und 6 ist das elektrische Vierradlenksystem gemäß JP-A1-4118377 dargestellt, wobei nur bei relativ geringer Laufgeschwindigkeit eines Fahrzeugs ein Elektromotor zum Aufbringen eines Lenkwinkels an die Hinterräder genutzt wird. Wenn während des Fahrens bei hoher Geschwindigkeit die Fahrtrichtung geändert wird, wird ein Lenkwinkel entsprechend der Fliehkraft oder mit Hilfe eines sogenannten Ausgleichs-Lenkmechanismus an die Hinterräder angelegt.

Bei dem elektrischen Vierradlenksystem nach der vorherigen Erfindung wird die Bewegung eines Lenkrades 1 vor einem Fahrersitz über einen Lenkstock 2 zu einem Lenkgetriebe 3 übertragen. Anschließend wird eine Vorderradabtriebswelle 4 in Axialrichtung (in Figur 5 zur Seite) verschoben. Über einen rechten und einen linken Gelenkarm 5, die mit den Enden der Vorderradabtriebswelle 4 verbunden sind, wird dann ein gewünschter Lenkwinkel an die Vorderräder 6 angelegt.

An einer Lenksäule 7, in der sich der Lenkstock 2 befindet, sind Lenkwinkelsensoren 8 angebracht. Auf der Grundlage eines Drehwinkels des Lenkstockes

2 erfassen die Lenkwinkelsensoren 8 den Lenkwinkel, der an die Vorderräder 6 angelegt wird. Zur Betriebssicherheit sind zwei Lenkwinkelsensoren 8 vorhanden, so daß selbst bei Ausfall eines Sensors 8 die angestrebte Steuerung erfolgen kann.

Auf dem Boden im hinteren Teil des Fahrzeugs ruht ein Gehäuse 10, das eine Vorrichtung zum Anlegen eines Lenkwinkels an die Hinterräder 9 aufnimmt. Hierbei ist das Gehäuse 10 in Querrichtung des Fahrzeugs (in den Figuren 5 oder 6 zur Seite) nicht verschiebbar. In dem Gehäuse 10 verläuft eine Hinterradabtriebswelle 11 quer (in Querrichtung des Fahrzeugs). Sie bewegt sich in Axialrichtung (in den Figuren 5 oder 6 zur Seite), damit ein Lenkwinkel an die Hinterräder 9 angelegt wird. Über die Gelenkarme 13 sind das rechte und das linke Ende der Hinterradabtriebswelle 11 mit den Hinterrädern 9 verbunden. Wenn sich die Hinterradabtriebswelle 11 in Axialrichtung bewegt, drehen sich die Hinterräder 9 um die Lenkmittelpunkte 14. Somit wird ein Lenkwinkel, der einem Verschiebungsbetrag der Hinterradabtriebswelle 11 entspricht, an die Hinterräder 9 angelegt. Die Lenkmittelpunkte 14 der Hinterräder 9 sind durch einen Abstand  $L$  von den Punkten 12 der Hinterräder 9 (Mittelpunkte der Berührungsflächen zwischen den Reifenunterseiten und dem Boden), an welche die Kraft angelegt wird, in Fahrtrichtung des Fahrzeugs (in Figur 5 nach oben) entfernt.

Zum anderen befindet sich in dem Gehäuse 10 eine Zahnstange 15 am Mittelteil der Hinterradabtriebswelle 11. Im Mittelbereich des Gehäuses 10 wird die Getriebeachse 16 so gehalten, daß sie sich schräg zur Hinterradabtriebswelle 11 frei drehen kann. An einem Ende der Getriebeachse 16 (oberer Teil in den Figuren 5 oder 6) ist ein Ritzel 17 befestigt, das mit der Zahnstange 15 im Eingriff ist. Am anderen Ende der Getriebeachse 16 (in Figur 5 oder 6 unten) ist ein Schneckenrad 18 angebracht.

Über eine elektromagnetische Kupplung 31 wird eine Abtriebsachse 20 mit Hilfe einer Drehantriebsachse (nicht dargestellt) eines Elektromotors 19, der außen am Gehäuse 10 befestigt ist, gedreht. Auf der Abtriebsachse 20 befindet sich eine Schnecke 21 mit dem Schneckenrad 18 im Eingriff. So ist eine Untersetzungsanordnung entstanden. Wenn sich die Abtriebsachse 20 dreht, wird dadurch die Hinterradabtriebswelle 11 in Axialrichtung verschoben. Die

elektrischen Teile, einschließlich des Elektromotors 19, werden durch eine Batterie angetrieben, die nicht dargestellt ist.

Bei der vorgenannten Untersezungsvorrichtung ist die Richtung der Kraftübertragung umkehrbar. Durch die Drehung der Abtriebsachse 20 wird die Hinterradabtriebswelle 11 in Axialrichtung verschoben. Und bei der Verschiebung der Hinterradabtriebswelle 11 dreht sich die Abtriebswelle 20. Allerdings wird der Getriebewirkungsgrad in Umkehrrichtung niedrig gehalten, so daß, wenn ein an die Hinterräder 9 angelegter Lenkwinkel aufrechterhalten werden muß, eine durch das Zusammendrücken einer Rückstellfeder 25 entstehende Last nicht ohne weiteres dem Elektromotor 19 aufgezwungen wird. Der Elektromotor 19 weist eine Kodiervorrichtung 32 zum Erfassen der Drehung des Elektromotors 19 auf. Anschließend wird der erfaßte Wert zu einer an späterer Stelle beschriebenen Steuervorrichtung 24 geleitet.

An einem Ende der Getriebeachse 16 sind zwei Verschiebungssensoren 22, wie z.B. Kodiervorrichtungen oder Potentiometer, zum Erfassen der Verschiebung der Hinterradabtriebswelle 11 über die Getriebeachse 16 befestigt. Die von den beiden Verschiebungssensoren 22 erfaßten Signale gelangen zur Steuervorrichtung 24, um zusammen mit den erfaßten Signalen von den Lenkwinkelsensoren 8 und einem Geschwindigkeitssensor 23, mit dem die Fahrzeuggeschwindigkeit ermittelt wird, die Stromversorgung zum Elektromotor 19 zu steuern. Aus Gründen der Betriebssicherheit sind zwei Verschiebungssensoren 22 vorgesehen.

Die Steuervorrichtung 24 schließt die elektromagnetische Kupplung 31 nur dann an, wenn die vom Geschwindigkeitssensor 23 erfaßte Fahrgeschwindigkeit unter einem bestimmten Wert liegt (zum Beispiel 40 km/h). Entsprechend den Signalen aus den Lenkwinkelsensoren 8 und dem Geschwindigkeitssensor 23 ermöglicht die Steuervorrichtung 24 das Anlegen eines Lenkwinkels an die Hinterräder 9 mit Hilfe des Elektromotors 19. Dabei wird die Stromversorgung des Elektromotors 19 auf der Grundlage des Signals aus der Kodiervorrichtung 32 gesteuert. Mit den Verschiebungssensoren 22 am Ende der Getriebeachse 16 wird der tatsächlich an die Hinterräder angelegte Lenkwinkel erfaßt und der erfaßte Wert zu der Steuervorrichtung 24 geleitet.

Die Hinterradabtriebswelle 11 liegt im Gehäuse 10, das so am Fahrzeugaufbau befestigt ist, daß die Hinterradabtriebswelle 11 frei leicht in Axialrichtung (in

Figur 5 oder 6 zur Seite) verschoben werden kann und ihre Federung behält. Konkret ist dabei ein Paar Lagerstützen 26 beabstandet zueinander im Mittelteil der Hinterradabtriebswelle 11 angebracht, so daß letztere frei in Axialrichtung verschoben werden kann. Zwischen den Innenseiten der Lagerstützen 26 ist eine Rückstellfeder 25 angebracht, deren Spannkraft ausreicht, um die Hinterradabtriebswelle 11 bei Defekt des Elektromotors 19 wieder in deren Neutralstellung zurückzuführen.

Auf der inneren Umfangsfläche des Gehäuses 10 sind beabstandet zueinander paarweise Stufen 27 ausgebildet. Gegenüber den Stufen 27 befinden sich die Außenseiten des Lagerstützenpaares 26. Am Außenrand des Mittelteils der Hinterradabtriebswelle 11 ist ein Paar Anschlagringe 28 befestigt, die die beiden Lagerstützen 26 erfassen. Durch die Anschlagringe 28 wird die Bewegung der Lagerstützen entlang der Hinterradabtriebswelle 11 eingeschränkt. Desweiteren sind zwischen den Außenflächen der paarweise angeordneten Anschlagringe 28 und den Stufen 27 Tellerfedern 29 vorgesehen.

Die zum vollständigen Zusammendrücken der Tellerfedern 29 erforderliche Spannkraft ist kleiner als jene für die Rückstellfeder 25. Wenn die Hinterradabtriebswelle 11 entsprechend einer Geraden a in Figur 7 zum Gehäuse 10 verschoben wird, werden die Tellerfedern 29 verschoben (zusammengedrückt). Nachdem eine der beiden Tellerfedern (in Verschiebungsrichtung nach vorn) vollständig niedergedrückt ist, setzt das Zusammendrücken der Rückstellfeder 25 zwischen dem Paar Lagerstützen 26 ein, wie durch die Gerade b in Figur 7 angegeben. Allerdings ist die Federkraft, die beim vollständigen Niederdrücken der Tellerfedern 29 auftritt, etwas größer als die maximale Querlast  $F_{MAX}$ , die gemäß einer in diesem Betriebszustand auftretenden Fliehkraft vermutlich an der Hinterradabtriebswelle 11 anliegt.

Bei einem elektrischen Vierradlenksystem gemäß der vorangehenden Erfindung mit dem genannten Aufbau steuert eine Steuervorrichtung 24 bei einer Fahrzeuggeschwindigkeit unterhalb eines bestimmten Wertes (z.B. 40 km/h) die Stromversorgung zu einem Elektromotor 19 entsprechend den Signalen aus den Lenkwinkelsensoren 8 und einem Geschwindigkeitssensor 23 und legt gegebenenfalls einen angestrebten Lenkwinkel an die Hinterräder 9 an. Zu diesem Zeitpunkt wird eine elektromagnetische Kupplung 31 eingeschaltet, die eingekuppelt bleibt.

Konkret wird bei einer niedrigen oder mittleren Fahrzeuggeschwindigkeit ein Lenkwinkel, der  $180^\circ$  phasenverschoben zu dem der Vorderräder 6 ist, an die Hinterräder 9 angelegt, um die Kurvenlenkbarkeit des Fahrzeugs zu verbessern. Der an die Hinterräder 9 angelegte Lenkwinkel wird bei zunehmender Geschwindigkeit geringer, wie durch die durchgezogene Linie c in Figur 8 angegeben. Erfasst wird er von den Verschiebungssensoren 22, die an einem Ende einer Getriebeachse 16 angebracht sind. Die erfaßten Werte werden einer Steuervorrichtung 24 zugeführt. Mit den beiden Verschiebungssensoren 22 wird für den Fall des Defekts eines Sensors Vorsorge getroffen.

Bei dem Lenkwinkelverhältnis, dessen Werte auf der y-Achse in Figur 8 dargestellt sind, handelt es sich um ein Verhältnis von dem an die Hinterräder anzulegenden Lenkwinkel R zu dem Lenkwinkel  $\theta_F$  ( $\theta_R/\theta_F$ ). Ein größerer absoluter Wert führt zu einem größeren an die Hinterräder anzulegenden Lenkwinkel. In dem Zustand, der durch den Bereich oberhalb der x-Achse dargestellt ist, ist der Lenkwinkel der Vorderräder phasengleich mit dem der Hinterräder. In dem Zustand entsprechend dem Bereich unterhalb der x-Achse ist der Lenkwinkel der Vorderräder um  $180^\circ$  zu dem der Hinterräder verschoben.

Wenn ein Fahrzeug demgegenüber mit einer Geschwindigkeit oberhalb des bestimmten Wertes (40 km/h) fährt, wird die elektromagnetische Kupplung 31 nicht mehr mit Strom versorgt und folglich abgeschaltet. Dadurch steuert die Steuervorrichtung 24 ungeachtet der Signale von den Lenkwinkelsensoren 8 und dem Geschwindigkeitssensor 23 den Lenkwinkel der Hinterräder 9 nicht mehr. Gegebenenfalls kann der Elektromotor 19 auch abgeschaltet werden.

Wenn demnach ein Fahrzeug bei einer Geschwindigkeit oberhalb eines bestimmten Wertes die Fahrtrichtung ändert, wird entsprechend einer Fliehkraft ein Lenkwinkel, der phasengleich zu dem der Vorderräder 6 ist, an die Hinterräder angelegt. Dadurch bleibt das Fahrzeug selbst dann stabil, wenn die Fahrtrichtung geändert wird.

Wenn beispielsweise die Vorderräder 6 durch Betätigung eines Lenkrades 1 in Pfeilrichtung  $\alpha$  verschoben werden, führt eine bei der Fahrtrichtungsänderung auftretende Fliehkraft zum Ausschwenken der Hinterräder 9 nach rechts. Durch die Reibung zwischen den Hinterrädern und der Straße entsteht eine Querkraft F, angegeben durch einen Pfeil  $\beta$  in Figur 5, die auf die Hinterräder 9 wirkt. Die Kraft F trifft auf eine Berührungsfläche zwischen den Hinterrädern 9 und der

Straße bzw. einer vertikalen Fläche, die die Kraftauflagepunkte 12 der Hinterräder 9 beinhaltet. Andererseits sind die Lenkmittelpunkte 14 der Hinterräder 9 in Fahrtrichtung des Fahrzeugs um einen Abstand  $\ell$  von den Kraftauflagepunkten 12 nach hinten versetzt. Daher werden die Hinterräder 9 in Pfeilrichtung  $\gamma$  aus Figur 5 mit einem F-Moment um  $\ell$  gelenkt.

Wenn also die Hinterräder 9 in Pfeilrichtung  $\gamma$  gelenkt werden, bewegt sich eine Hinterradabtriebswelle 11 in Axialrichtung und drückt eine der Tellerfedern 29 (linke Tellerfeder in Figur 5 oder 6) zusammen. Somit wird ein an die Hinterräder 9 anzulegender Lenkwinkel auf einem Wert aufrechterhalten, bei dem eine Kraft, die in Axialrichtung der Hinterradabtriebswelle 11 entsprechend einer Querkraft  $F$  wirkt, durch eine Kraft ausgeglichen wird, die durch das Zusammendrücken der Tellerfeder 29 an der Hinterradabtriebswelle 11 anliegt.

Wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit über einen bestimmten Wert hinausgeht, ist ein an die Hinterräder 9 anzulegender Lenkwinkel demnach, wie durch die Strichlinie  $d$  in Figur 8 dargestellt, phasengleich zu jenem der Vorderräder 6. Dabei hängt der Grad des an die Hinterräder angelegten Lenkwinkels zwar von der auf die Hinterräder 9 einwirkende Querkraft  $F$  ab, die entsprechend einer Fliehkraft bei der Fahrtrichtungsänderung des Fahrzeugs auftritt, steht aber nicht in direktem Verhältnis (wenngleich in einem erheblichen indirekten Verhältnis) zur Fahrzeuggeschwindigkeit oder zu dem an die Vorderräder 6 angelegten Lenkwinkel.

Die Tellerfedern 29 können nur begrenzt zusammengedrückt werden. Dadurch kann kein zu großer Lenkwinkel an die Hinterräder 9 angelegt werden. Wenn also ein Fahrzeug mit hoher Geschwindigkeit fährt, legt der Elektromotor 19 nie einen Lenkwinkel an die Hinterräder 9 an. Nur durch eine physikalische Kraft wird ein Lenkwinkel an die Hinterräder 9 angelegt. Wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit einen bestimmten Wert übersteigt, wird zum Abschalten der elektromagnetischen Kupplung 31 und des Elektromotors 19 lediglich eine einfache Vorrichtung benötigt, die eine zufriedenstellende Zuverlässigkeit bietet. Außerdem gewährleistet sie auf sehr einfache und äußerst zuverlässige Weise die Betriebssicherheit.

Beim Einbau eines oben beschriebenen elektrischen Vierradlenksystems in ein Auto sind die folgenden Punkte zu berücksichtigen.



Die zur Betriebssicherheit vorgesehene Rückstellfeder weist eine hohe Spannkraft auf, durch die eine Hinterradabtriebswelle 11 selbst dann in ihre Neutralstellung zurückgeführt wird, wenn ein Elektromotor 19 ausfällt. Deshalb muß der Elektromotor 19 eine große Kraft erzeugen, um die Hinterradabtriebswelle 11 auch im Normalbetrieb zu verschieben. Dadurch kommt es zu einem größeren Elektromotor 19 und einem höheren Stromverbrauch.

Wenn der Elektromotor 19 aus einem bestimmten Grund, wie z.B. wegen eines Kurzschlusses, anormal läuft (sich abrupt dreht), bewegt sich die Hinterradabtriebswelle 11, während die Rückstellfeder 25 zusammengedrückt wird, und legt einen Lenkwinkel an die Hinterräder 9 an. Tatsächlich erfassen die Verschiebungssensoren 22 die anormale Verschiebung, woraufhin die Steuervorrichtung 24 den Elektromotor 19 durch die Unterbrechung der Stromzufuhr abschaltet. Dabei wird kein übergroßer Lenkwinkel an die Hinterräder 9 angelegt, der einen Fahrzeugführer in Gefahr bringen könnte. Allerdings kann für einen kurzen Moment vor dem Anhalten des Elektromotors 19 ein ungünstiger Lenkwinkel an die Hinterräder 9 angelegt werden.

Bei der Konstruktion eines elektrischen Vierradlenksystems ist darauf zu achten, daß die Hinterräder im Falle eines Defekts oder einer Panne wieder in ihre Neutralstellung zurückkehren (d.h. wenn kein Lenkwinkel an die Hinterräder angelegt wird), damit das gleiche Fahrverhalten gewährleistet ist wie bei einem Auto mit einem normalen Zweiradlenksystem. In JP-A1-61-163064 wird eine Konstruktion vorgeschlagen, bei der im Falle einer Anomalität in einem der Bauteile des Vierradlenksystems ein Elektromotor die Hinterräder in deren Neutralstellung zurückführt.

Die obige Beschreibung basiert auf einem elektrischen Vierradlenksystem, bei dem eine motorbetriebene Betätigungseinheit zum Anlegen eines Lenkwinkels an die Hinterräder verwendet wird. Ein hydraulisches Vierradlenksystem, bei dem eine hydraulische Betätigungseinheit zum Anlegen eines Lenkwinkels an die Hinterräder verwendet wird, hat die gleichen Nachteile. Das heißt, bei Ausfall einer hydraulischen Schaltung kann nur dann ein an die Hinterräder angelegter Lenkwinkel aufgehoben werden, wenn eine Rückstellfeder vorhanden ist. Durch die Rückstellfeder kommt es allerdings zu einer momentanen Zeitverzögerung beim Anlegen eines Lenkwinkels an die Hinterräder.

Das der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Problem besteht darin, ein elektrisches Vierradlenksystem mit einer hohen Sicherheit im Falle des Defekts elektrischer Bauteile zu schaffen, die mit der eines Fahrzeugs mit normalem Zweiradlenksystem vergleichbar ist, und welches kompakt ist, sparsam im Energieverbrauch und ohne Verzögerung auf den Ausfall einer seiner Bestandteile reagiert, ohne daß dazu eine Rückstellfeder benötigt wird.

Erfindungsgemäß wird dieses Problem durch ein elektrisches Vierradlenksystem nach Anspruch 1 gelöst, wobei die Teile der Hinterradabtriebswelle fest miteinander verbunden sind und eine ganze Hinterradabtriebswelle bilden und wobei der Getriebewirkungsgrad jedes Reduktionsgetriebes in Vorwärtsrichtung vom Motor zu der Hinterradabtriebswelle höher ist als der Getriebewirkungsgrad in Umkehrrichtung. Darüber hinaus wird ein Verfahren zum Lenken der Hinterräder eines Fahrzeugs mit Hilfe des vorgenannten erfindungsgemäßen Lenksystems geschaffen.

Bei einem erfindungsgemäßen elektrischen Vierradlenksystem wird ein Lenkwinkel an die Hinterräder angelegt, und eine Steuervorrichtung schaltet den ersten und den zweiten Elektromotor ein, so daß die beiden Motoren die Hinterradabtriebswelle über ein erstes und ein zweites Reduktionsgetriebe in Axialrichtung verschieben und dadurch einen Lenkwinkel an die Hinterräder anlegen.

Wenn bei Defekt eines der beiden Elektromotoren ein Lenkwinkel an die Hinterräder angelegt wird, wird mit Hilfe des anderen Elektromotors die Hinterradabtriebswelle in ihre Neutralstellung zurückgeführt. Dadurch kann der an die Hinterräder angelegte Lenkwinkel aufgehoben werden. Außerdem braucht keine Rückstellfeder in der Hinterradabtriebswelle vorhanden zu sein, ~~oder aber es reicht schon eine Rückstellfeder mit schwacher Spannkraft aus.~~ Der erste und der zweite Elektromotor müssen keine sehr große Leistung aufweisen.

Selbst wenn einer der beiden Elektromotoren anormal läuft, wird die Hinterradabtriebswelle nicht abrupt verschoben. Konkret heißt das, daß sogar bei anormalem Lauf eines Elektromotors - solange der andere Elektromotor normal funktioniert - ein Reduktionsgetriebe mit niedrigem Getriebewirkungsgrad in Umkehrrichtung die Hinterradabtriebswelle nicht in Bewegung versetzt.

Demzufolge legt die Hinterradabtriebswelle keinen Lenkwinkel abrupt an die Hinterräder an.

In dem erfindungsgemäßen Vierradlenksystem befinden sich zwei motorbetriebene Betätigungseinheiten. Nur wenn beide Betätigungseinheiten in gleicher Weise arbeiten, wird ein Lenkwinkel an die Hinterräder angelegt. Wenn eine von ihnen aufgrund eines Kurzschlusses in einem Stromkreis für die Stromzufuhr zu den motorbetriebenen Betätigungseinheiten oder aufgrund einer unvermeidlichen Störung in einer Steuervorrichtung anormal funktioniert, wird die Hinterradabtriebswelle, solange die andere motorbetriebene Betätigungseinheit normal arbeitet, nicht bewegt. Dadurch entsteht eine höhere Sicherheit.

Entsprechend einer bevorzugten Ausführungsform umfaßt das erfindungsgemäße Vierradlenksystem desweiteren einen ersten und einen zweiten Ein-Richtungskopplungsmechanismus, deren zulässige Verschiebungsrichtungen zueinander umgekehrt sind, einen ersten und einen zweiten Aufhebungsmechanismus zur Deaktivierung des ersten und zweiten Ein-Richtungskopplungsmechanismus sowie eine Steuervorrichtung zur Steuerung der Betätigungseinheiten und des ersten und zweiten Aufhebungsmechanismus.

Der erste Ein-Richtungskopplungsmechanismus ist zwischen der Hinterradabtriebswelle und einem feststehenden Teil angeordnet. Wenn die Hinterradabtriebswelle in einer Richtung von der Neutralstellung abweicht, ermöglicht der erste Ein-Richtungskopplungsmechanismus eine Bewegung der Hinterradabtriebswelle in die Neutralstellung, verhindert jedoch ihre Bewegung in eine Richtung aus der Neutralstellung heraus. Der erste Aufhebungsmechanismus setzt den ersten Ein-Richtungskopplungsmechanismus außer Betrieb und ermöglicht somit eine freie Bewegung der Hinterradabtriebswelle.

Der zweite Ein-Richtungskopplungsmechanismus ist zwischen der Hinterradabtriebswelle und dem feststehenden Teil angeordnet. Wenn die Hinterradabtriebswelle in der anderen Richtung von der Neutralstellung abweicht, ermöglicht der zweite Ein-Richtungskopplungsmechanismus das Bewegen der Hinterradabtriebswelle in Richtung der Neutralstellung, verhindert jedoch deren Bewegung in die andere Richtung aus der Neutralstellung heraus. Anschließend setzt der zweite Aufhebungsmechanismus den zweiten Ein-Richtungskopplungsmechanismus außer Betrieb und ermöglicht so die freie Bewegung der Hinterradabtriebswelle.

Die Steuervorrichtung aktiviert den ersten und den zweiten Aufhebungsmechanismus während des Normalbetriebs, so daß der erste und der zweite Kopplungsmechanismus eine Verschiebung der Hinterradabtriebswelle nicht behindern. Bei einer Störung setzt die Steuervorrichtung den ersten und den zweiten Aufhebungsmechanismus außer Betrieb; so daß der erste und der zweite Ein-Richtungskopplungsmechanismus die Verschiebung der Hinterradabtriebswelle einschränken.

Wenn bei dem erfindungsgemäßen Vierradlenksystem mit der obigen Konfiguration ein Lenkwinkel an die Hinterräder angelegt wird, aktiviert die Steuervorrichtung den ersten und den zweiten Aufhebungsmechanismus, deaktiviert jedoch den ersten und den zweiten Ein-Richtungskopplungsmechanismus. Dadurch kann sich die Hinterradabtriebswelle innerhalb der ganzen Hublänge frei bewegen, ohne dabei durch den ersten und zweiten Ein-Richtungskopplungsmechanismus behindert zu werden.

Wenn die Steuervorrichtung in diesem Zustand die Betätigungseinheit unter Strom setzt und die Hinterradabtriebswelle entsprechend dem Betriebszustand eines Fahrzeugs in Axialrichtung verschiebt, wird ein angemessener Lenkwinkel an die Hinterräder angelegt.

Wenn bei Störung eines Bauteils die Betätigungseinheit, die während des Normalbetriebs einen Lenkwinkel an die Hinterräder anlegt, den an die Hinterräder angelegten Lenkwinkel nicht wieder aufhebt, setzt die Steuervorrichtung den ersten und den zweiten Aufhebungsmechanismus außer Betrieb und aktiviert den ersten und zweiten Ein-Richtungskopplungsmechanismus.

Wenn letztere aktiviert sind, kann sich die Hinterradabtriebswelle frei in ihre Neutralstellung bewegen. Wenn die Hinterradabtriebswelle konkret in einer Richtung von der Neutralstellung abweicht, wird der erste Ein-Richtungskopplungsmechanismus wirksam und ermöglicht die Bewegung der Hinterradabtriebswelle in die Neutralstellung. Eine Bewegung über die Neutralstellung hinaus in die andere Richtung wird durch den zweiten Ein-Richtungskopplungsmechanismus verhindert. Wenn die Hinterradabtriebswelle in der anderen Richtung von der Neutralstellung abweicht, ermöglicht der zweite Ein-Richtungskopplungsmechanismus das Bewegen der Hinterradabtriebswelle

nur in die Neutralstellung. Eine Bewegung über die Neutralstellung hinaus in die andere Richtung wird anschließend durch den ersten Ein-Richtungskopplungsmechanismus verhindert.

Wenn die Hinterradabtriebswelle in einer der beiden Richtungen von der Neutralstellung abweicht, ermöglichen der erste und der zweite Ein-Richtungskopplungsmechanismus das Bewegen der Hinterradabtriebswelle in die Neutralstellung. Daher wird bei einer Störung ein an die Hinterräder angelegter Lenkwinkel aufgehoben, und die Hinterräder werden in einen Zustand versetzt, in dem kein Lenkwinkel anliegt.

Weitere Ausführungsformen der Erfindung sind in den nachgeordneten Ansprüchen dargelegt und werden nachstehend anhand der Zeichnungen beschrieben, wobei

Figur 1 ein Grundriß des Hauptteils der ersten erfindungsgemäßen Ausführungsform ist;

Figur 2 ein Grundriß des Hauptteils der zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsform ist;

Figur 3 ein Grundriß des Hauptteils der dritten erfindungsgemäßen Ausführungsform ist;

Figur 4 ein Grundriß eines Hauptteils eines Zubehöorteils eines elektrischen Vierradlenksystems der vorliegenden Erfindung ist;

Figur 5 eine Schnittdarstellung eines Teils eines elektrischen Vierradlenksystems nach dem Stand der Technik ist;

Figur 6 eine vergrößerte Darstellung des Abschnitts A aus Figur 5 ist;

Figur 7 das Verhältnis zwischen dem Verschiebungsbetrag einer Hinterradabtriebswelle in Axialrichtung und der in Axialrichtung der Hinterradabtriebswelle wirkenden Federspannkraft zeigt;

Figur 8 das Verhältnis zwischen der Fahrzeuggeschwindigkeit und dem Lenkwinkelverhältnis darstellt;

Figur 9 ein Blockdiagramm einer Steuerschaltung des elektrischen Vierradlenksystems nach dem Stand der Technik ist;

Figur 10 ein Blockdiagramm einer Steuerschaltung in einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist;

Figur 11 einen Hauptteil eines speziell aufgebauten Beispiels eines Abschnitts, an den ein Lenkwinkel angelegt wird; im Grundriß zeigt;

Figur 12 ein Blockdiagramm einer Steuerschaltung in einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist;

Figur 13 ein Ablaufplan eines Beispiels der Funktionsweise eines erfindungsgemäßen elektrischen Vierradlenksystems ist;

Figur 14 das erste Beispiel des Verhältnisses zwischen einer Batteriespannung und dem maximalen Lenkwinkel zeigt;

Figur 15 ein zweites Beispiel des Verhältnisses zwischen einer Batteriespannung und dem maximalen Lenkwinkel zeigt;

Figur 16 ein Grundriß des Hauptteils einer erfindungsgemäßen Ausführungsform in einem Zustand ist, in dem kein Lenkwinkel an die Hinterräder angelegt ist;

Figur 17 eine vergrößerte Darstellung eines Abschnitts A aus Figur 16 ist;

Figur 18 eine vergrößerte Darstellung des Abschnitts A zeigt, wobei ein Lenkwinkel an die Hinterräder angelegt ist; und

Figur 19 eine vergrößerte Darstellung von Abschnitt A in einem Zustand ist, in dem die Hinterräder im Falle einer Störung in ihre Neutralstellung zurückgeführt werden.

#### Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

Figur 1 zeigt eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. In einem auf dem Boden eines Autos ruhenden zylindrischen Gehäuse 33 liegt eine Hinterradabtriebswelle 11 mit einem Gleitlager 34, so daß sich die Hinterradabtriebswelle 11 in Axialrichtung (in Figur 1 zur Seite) bewegen kann. Über Universalgelenke 35 sind die Enden der Kupplungsstangen 36 mit den Enden der Hinterradabtriebswelle 11 verbunden. Die anderen Enden der Kupplungsstangen 36 sind mit den hinteren Enden der Hinterradachsschenkel verbunden. Somit wird bei der Verschiebung der Hinterradabtriebswelle 11 ein Lenkwinkel, der mit dem Verschiebungsbetrag einhergeht, an das rechte und das linke Hinterrad angelegt.

Seitlich vom Gehäuse 33 sind ein erster und ein zweiter Elektromotor 37a und 37b derart angebracht, daß die Abtriebsachsen 38a und 38b der Elektromotoren 37a und 37b parallel zur Mittelachse des Gehäuses 33 liegen. Die entfernt liegenden Enden der Abtriebsachsen 38a und 38b sind über elektromagnetische Kupplungen 40a und 40b mit Getriebeachsen 39a und 39b verbunden. Wenn

die elektromagnetischen Kupplungen 40a und 40b im Eingriff sind, drehen sich die Getriebeachsen 39a und 39b zusammen mit den Abtriebsachsen 38a und 38b.

Die Getriebeachsen 39a und 39b werden durch Lagerpaare 41 gehalten, so daß sich die Getriebeachsen 39a und 39b frei drehen können. Die Enden der Getriebeachsen 39a und 39b sind, wie oben beschrieben, über die elektromagnetischen Kupplungen 40a und 40b mit den Abtriebsachsen 38a und 38b verbunden. An den anderen Enden der Getriebeachsen 39a und 39b sind Kodiervorrichtungen 42a und 42b angeschlossen, mit denen der Drehwinkel der Getriebeachsen 39a und 39b erfaßt werden kann.

Im Mittelteil der Getriebeachsen 39a und 39b sind Bremsen 43a und 43b sowie Schnecken 44a und 44b in dieser Reihenfolge von den elektromagnetischen Kupplungen 40a und 40b ausgehend hintereinander angebracht. Die Schnecken 44a und 44b sind mit Schneckenrädern 45a und 45b (werden später beschrieben) im Eingriff und bilden das erste und das zweite Reduktionsgetriebe 46a und 46b.

Andererseits ist auf der Außenfläche des Mittelteils der Hinterradabtriebswelle 11 eine Zahnstange als Teil der Hinterradabtriebswelle 11 ausgebildet. In der Nähe der Hinterradabtriebswelle 11 sind die erste und die zweite Drehachse 47a und 47b schräg zur Hinterradabtriebswelle 11 angeordnet, die von Lagern 48 und 49 gehalten werden, um sich frei drehen zu können. Ritzel 50a und 50b auf den Außenflächen der entfernten Enden der ersten und der zweiten Drehachse 47a und 47b befinden sich mit der Zahnstange 15 im Eingriff.

Die Schneckenräder 45a und 45b, die auf den nahegelegenen Abschnitten der ersten und der zweiten Drehachse 47a und 47b aufliegen, sind mit den Schnecken 44a und 44b im Eingriff und bilden das erste und das zweite Reduktionsgetriebe 46a und 46b. An den nahegelegenen Enden der ersten und der zweiten Drehachse 47a und 47b sind Kodiervorrichtungen 52a und 52b vorgesehen. Am entfernten Ende der zweiten Drehachse 47b befindet sich eine Kodiervorrichtung 62. Folglich werden die Drehwinkel der ersten und zweiten Drehachse 47a und 47b kontrolliert, um einen Verschiebungsbetrag der Hinterradabtriebswelle 11 zu erfassen. Es sind drei Kodiervorrichtungen, d.h. 52a, 52b und 62, vorgesehen, so daß auch bei Störung von einer von ihnen die

Hinterradabtriebswelle 11 entsprechend den von den beiden verbliebenen Kodiervorrichtungen ausgesandten Signalen wieder in ihre Neutralstellung zurückgeführt werden kann.

Wie oben beschrieben bestehen das erste und das zweite Reduktionsgetriebe 46a und 46b aus den Schnecken 44a und 44b sowie den Schneckenrädern 45a und 45b. Hierbei ist der Umkehr-Getriebewirkungsgrad bzw. der Wirkungsgrad bei der Bewegungsübertragung von der Hinterradabtriebswelle 11 zum ersten und zweiten Elektromotor 37a und 37b niedriger als der Vorwärts-Getriebewirkungsgrad bzw. der Wirkungsgrad bei der Übertragung der Drehung des ersten und des zweiten Elektromotors 37a und 37b an die Hinterradabtriebswelle 11.

Eine nicht dargestellte Steuervorrichtung steuert den ersten und den zweiten Elektromotor 37a und 37b, die elektromagnetischen Kupplungen 40a und 40b und die Bremsen 43a und 43b und ermöglicht es, daß der erste und der zweite Elektromotor 37a und 37b die Hinterradabtriebswelle 11 in Axialrichtung verschieben.

Wenn ein erfindungsgemäßes elektrisches Vierradlenksystem mit der vorgenannten Konfiguration zum Anlegen eines Lenkwinkels an die Hinterräder verwendet wird, bringt eine Steuervorrichtung die elektromagnetischen Kupplungen 40a und 40b in Eingriff, löst die Bremsen 43a und 43b (sie bremsen nicht) und setzt den ersten und den zweiten Elektromotor 37a und 37b unter Strom.

Wenn der erste und der zweite Elektromotor 37a und 37b eingeschaltet sind, wird die Hinterradabtriebswelle 11 über die Abtriebsachsen 38a und 38b, die Getriebeachsen 39a und 39b, die Schnecken 44a und 44b, die erste und die zweite Drehachse 47a und 47b, die Ritzel 50a und 50b und eine Zahnstange 15 in Axialrichtung verschoben. Mit der Verschiebung der Hinterradabtriebswelle 11 werden dann auch die Kupplungsstangen 36 zum Anlegen eines Lenkwinkels an die Hinterräder vorgeschoben und zurückgezogen.

Wenn der Lenkwinkel an die Hinterräder angelegt ist und einer der Elektromotoren 37a oder 37b ausfällt, nutzt die Steuervorrichtung den anderen Elektromotor 37a oder 37b zum Zurückführen der Hinterradabtriebswelle 11 in deren Neutralstellung und hebt damit den an die Hinterräder angelegten Lenkwinkel auf. Zu diesem Zeitpunkt wird die an den Elektromotor 37a oder 37b



angeschlossene elektromagnetische Kupplung 40a oder 40b gegebenenfalls abgeschaltet, so daß sich der andere Elektromotor 37b oder 37a ruckfrei dreht (und der defekte Elektromotor 37a oder 37b die Drehung nicht behindert).

Für das erste und zweite Reduktionsgetriebe 46a und 46b ist ein niedriger Getriebewirkungsgrad charakteristisch. Wenn der Elektromotor 37a oder 37b ausfällt und sich eine der Drehachsen 47a oder 47b nicht dreht, wendet deshalb der andere Elektromotor 37b oder 37a eine geringe Kraft an, um die Hinterradabtriebswelle 11 in ihre Neutralstellung zurückzubringen. Nur wenn sich der Elektromotor 37a oder 37b nicht dreht, weil er durchgebrannt ist, kann die Hinterradwelle 11 auch dann, wenn die elektromagnetische Kupplung 40a oder 40b eingekuppelt bleibt, nicht in ihre Neutralstellung zurückgeführt werden. Angenommen, der Elektromotor 37a oder 37b ist durchgebrannt, dann kann die Hinterradabtriebswelle 11 in ihre Neutralstellung zurückgeführt werden, indem die elektromagnetische Kupplung 40a oder 40b abgeschaltet wird.

Eine Hinterradabtriebswelle 11, die ein erfindungsgemäßes elektrisches Vierradlenksystem bildet, benötigt keine Rückstellfeder 25 (Figuren 5 und 6) bzw. sie kann eine mit schwacher Spannkraft haben. Denn wenn die Hinterradabtriebswelle 11 in normalen Betriebszustand zum Anlegen eines Lenkwinkels an die Hinterräder verschoben wird, wird keine so große Kraft benötigt, die die Spannkraft der Rückstellfeder 25 überwindet. Deshalb müssen der erste und der zweite Elektromotor 37a und 37b zum Lenken der Hinterräder auch keine große Leistung haben. Wenn ein Fahrzeug geradlinig fährt, wobei die Hinterradabtriebswelle 11 in der Neutralstellung gehalten werden muß, werden die Bremsen 43a und 43b betätigt, um eine Drehung der Getriebeachsen 39a und 39b zu verhindern.

Wie bereits dargelegt, wird der Getriebewirkungsgrad des ersten und zweiten Reduktionsgetriebes in Umkehrrichtung niedrig gehalten. Daher bewegt sich die Hinterradabtriebswelle 11 nur dann in Axialrichtung, wenn der erste und der zweite Elektromotor 37a und 37b gleich arbeiten (sich drehen, damit die Hinterradabtriebswelle 11 um den gleichen Betrag in die gleiche Richtung verschoben wird). Und selbst wenn einer der beiden Elektromotoren 37a oder 37b anormal läuft, bewegt sich die Hinterradabtriebswelle 11 nicht abrupt. Wenn konkret einer der beiden Elektromotoren 37a oder 37b anormal läuft und der andere Elektromotor 37b oder 37a normal funktioniert, wird das

Reduktionsgetriebe 46b oder 46a mit niedrigem Wirkungsgrad in Umkehrrichtung die Schnecke 44b oder 44a des anderen Elektromotors 37b oder 37a nicht in Drehung versetzen. Somit bewegt sich die Hinterradabtriebswelle 11 nicht und legt folglich auch nicht abrupt einen Lenkwinkel an die Hinterräder an.

Während der gesamten Zeit überwacht die Steuervorrichtung die Ausgangssignale der Kodiervorrichtungen 42a, 42b, 52a, 52b und 62. Wenn die Gefahr besteht, daß ein anormaler Lenkwinkel an die Hinterräder angelegt wird, wird die Hinterradabtriebswelle sofort in ihre Neutralstellung zurückgeführt. Anschließend werden die elektromagnetischen Kupplungen 40a und 40b gelöst und die Bremsen 43a und 43b betätigt (in den Bremszustand versetzt). In diesem Zustand kann kein Lenkwinkel mehr an die Hinterräder angelegt werden. Das Auto läßt sich genauso lenken wie ein Fahrzeug mit normalem Zweiradlenksystem. Mit den Kodiervorrichtungen 52a, 52b und 62 werden kleinere Drehungen erfaßt als mit den Kodiervorrichtungen 42a und 42b. Deshalb können die Kodiervorrichtungen 52a, 52b und 62 auch durch Potentiometer oder andere Verschiebungssensoren ersetzt werden.

In Figur 2 ist die zweite Ausführungsform der Erfindung dargestellt. Bei der vorherigen Ausführungsform kommen zwei Drehachsen 47a und 47b zum Einsatz, die ein erstes und ein zweites Reduktionsgetriebe 46a und 46b bilden. Bei der vorliegenden Ausführungsform sind die Schneckenräder 45a und 45b an den Enden einer einzigen Drehachse 51 befestigt, die zur freien Drehung von den Lagern 48 gehalten wird. Im Mittelteil der Drehachse 51 ist ein Ritzel 50 ausgebildet, das mit einer Zahnstange 14 an der Hinterradabtriebswelle 11 im Eingriff ist. Somit wird die die Hinterradabtriebswelle 11 zusammen mit der ~~Drehung der Drehachse 51 in Axialrichtung verschoben.~~ An den Enden der Drehachse 51 sind Kodiervorrichtungen 52a, 52b und 62 zum Erfassen der Verschiebung der Hinterradabtriebswelle 11 angebracht. Die anderen Bauteile und Arbeitsschritte sind mit jenen der vorherigen Ausführungsform identisch.

In Figur 3 ist als nächstes die dritte Ausführungsform der Erfindung dargestellt. In der ersten oder zweiten Ausführungsform werden Schnecken 44a und 44b sowie Schneckenräder 45a und 45b verwendet, die das erste und das zweite Reduktionsgetriebe 46a und 46b mit niedrigem Wirkungsgrad in Umkehrrichtung bilden. Bei der vorliegenden Ausführungsform kommt ein quadratisches

Gewinde 53 auf der Außenfläche des Mittelteils der Hinterradabtriebswelle 11 zusammen mit einem Paar Muttern 54a und 54b zum Einsatz, die das erste und zweite Reduktionsgetriebe mit niedrigem Wirkungsgrad in Umkehrrichtung bilden.

Die Muttern 54a und 54b werden durch Stützen (nicht dargestellt) in Position (siehe Figur 3) gehalten, so daß sie sich frei drehen können (aber sich nicht in Axialrichtung bewegen können). Auf dem Außenrand der Mutterenden 54a und 54b sind Nebenzahnräder 55a und 55b ausgebildet, die mit den auf den Getriebeachsen 39a und 39b ruhenden Antriebszahnradern 56a und 56b im Eingriff sind. Ein Ritzel einer Ritzelwelle 58 ist mit einer Zahnstange 57 auf der Außenfläche des Mittelteils der Hinterradabtriebswelle 11 im Eingriff. An den Enden der Ritzelwelle 58 sind Kodiervorrichtungen 52a, 52b und 62 zum Erfassen eines Verschiebungsbetrages der Hinterradabtriebswelle 11 in Axialrichtung montiert. Die anderen Bauteile und deren Wirkungsweise sind mit jenen der vorherigen ersten und zweiten Ausführungsform identisch.

In Figur 4 ist ein Zubehörteil für das erfindungsgemäße elektrische Vierradlenksystem dargestellt. Bei diesem Vierradlenksystem drehen sich der erste und der zweite elektrische Motor 37a und 37b während des Normalbetriebs synchron. Wenn die Motoren 37a und 37b nicht genau synchron laufen, reiben die Schnecken 44a und 44b und die Schneckenräder 45a und 45 bzw. das quadratische Gewinde 53 und die Muttern 54a und 54b stark gegeneinander oder im schlimmsten Fall verhaken sie sich. Dadurch bewegt sich die Hinterradabtriebswelle 11 nicht mehr ruckfrei. Gelöst werden diese Probleme natürlich durch das präzise Synchronisieren des ersten und zweiten Motors 37a und 37b. Dazu sind jedoch Präzisionsmotoren 37a und 37b sowie eine Präzisionssteuerschaltung erforderlich. Dementsprechend erhöhen sich die Herstellungskosten eines elektrischen Vierradlenksystems.

Wie in Figur 4 dargestellt, wird eine Getriebeachse 39a oder 39b, auf der eine Schnecke 44a bzw. 44b befestigt ist, frei federnd in Axialrichtung verschoben. Dadurch bewegt sich die Getriebeachse 39a oder 39b, wenn die Drehung des ersten und des zweiten Elektromotors 37a und 37b auch nur geringfügig voneinander abweichen, in Axialrichtung und gleicht diese Abweichung aus.

Konkret sind zwischen den Enden der Schnecke 44a oder 44b und den Lagern 59 Schutzvorrichtungen 60 vorhanden. Tellerfedern oder andere elastische

Werkstoffe 61 werden leicht und nachgiebig zwischen die Schutzvorrichtungen 60 und die Lager 59 gedrückt. Dadurch kann sich die Getriebeachse 39a oder 39b ganz geringfügig und dennoch federnd in Axialrichtung bewegen. Wenn die Drehung des ersten und des zweiten Elektromotors 37a und 37b nicht übereinstimmen, bewegt sich die Getriebeachse 39a oder 39b zum Ausgleich der Abweichung in Axialrichtung. Somit kann die Hinterradabtriebswelle 11 ruckfrei in Axialrichtung verschoben werden.

Ein erfindungsgemäßes Vierradlenksystem kann bei jeder Konstruktion Anwendung finden, bei der eine Hinterradabtriebswelle durch Einschalten eines Elektromotors in Axialrichtung verschoben und so ein Lenkwinkel an die Hinterräder angelegt wird. Anders ausgedrückt, ein elektrisches Vierradlenksystem, auf das die Erfindung Anwendung findet, benötigt im Gegensatz zu einem Vierradlenksystem nach dem bisherigen Stand der Technik keinen eingebauten Ausgleichs-Lenkmechanismus.

Ein erfindungsgemäßes elektrisches Vierradlenksystem ist so aufgebaut und funktioniert so wie bereits beschrieben. Daher können bei ihm kompakte Elektromotoren mit geringer Leistung zum Einsatz kommen. Dadurch verringern sich die Herstellungskosten, wird eine größere Freiheit bei der Anordnung und Anbringung der Elektromotoren möglich und schließlich der Aufbau eines elektrischen Vierradlenksystems vereinfacht.

Wenn ein Elektromotor anormal läuft, kann zuverlässig verhindert werden, daß abrupt ein Lenkwinkel an die Hinterräder angelegt wird. Dadurch wird eine hohe Sicherheit gewährleistet.

In Figur 10 ist eine andere Ausführungsform der Erfindung dargestellt. Mit einem Lenkwinkelsensor 208, einem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor 223, einem Giergeschwindigkeitssensor 233 und anderen Sensoren 234 werden der Grad eines an die Vorderräder angelegten Lenkwinkels, die Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs, die Giergeschwindigkeit und andere Faktoren, die sich auf den Lenkwinkel auswirken, erfaßt. Die von diesen Sensoren ausgesandten Signale werden mehreren Steuergrößenberechnungsvorrichtungen 235<sub>1</sub> bis 235<sub>n</sub> (n ist 2 oder eine größere natürliche Zahl) zugeleitet.

Die Steuergrößenberechnungsvorrichtungen 235<sub>1</sub> bis 235<sub>n</sub> sind parallel zueinander angeordnet und bilden zusammen mit einer Vergleichs- und Auswähleinrichtung 236 (wird später beschrieben) eine Steuervorrichtung 224.

Die Steuergrößenberechnungsvorrichtungen 235<sub>1</sub> bis 235<sub>n</sub> empfangen die erfaßten Signale von den Sensoren 203, 223, 233 und 234, berechnen auf deren Grundlage die an die Hinterräder 209 anzulegenden Lenkwinkel und geben entsprechend den berechneten Lenkwinkeln Steuersignale aus. Die von den Steuergrößenberechnungsvorrichtungen 235<sub>1</sub> bis 235<sub>n</sub> ausgesandten Steuersignale gelangen zu der Vergleichs- und Auswählvorrichtung 236.

Die Vergleichs- und Auswählvorrichtung 236 vergleicht die von den Steuergrößenberechnungsvorrichtungen 235<sub>1</sub> bis 235<sub>n</sub> ausgesandten Steuersignale. Nur wenn sie die gleichen Werte haben, sendet die Vergleichs- und Auswählvorrichtung 236 die Steuersignale an mehrere motorbetriebene Betätigungseinheiten 237<sub>1</sub> bis 237<sub>m</sub> (m ist 2 oder eine größere natürliche Zahl). Anschließend legen die motorbetriebenen Betätigungseinheiten 237<sub>1</sub> bis 237<sub>m</sub> entsprechend den Steuersignalen einen Lenkwinkel an.

Nur wenn alle Betätigungseinheiten 237<sub>1</sub> bis 237<sub>m</sub> gleich arbeiten, wird ein Lenkwinkel an die Hinterräder 209 angelegt. Die motorbetriebenen Betätigungseinheiten 237<sub>1</sub> bis 237<sub>m</sub> sind beispielsweise wie in Figur 11 aufgebaut.

In Figur 11 sind motorbetriebene Betätigungseinheiten 237<sub>1</sub> bis 237<sub>m</sub> dargestellt, wobei m=2 ist, d.h. es sind eine erste und eine zweite Betätigungseinheit 237<sub>a</sub> und 237<sub>b</sub> vorhanden. Anhand des speziellen Beispiels aus Figur 11 wird nun eine erfindungsgemäße Ausführungsform beschrieben. In einem zylindrischen Gehäuse 238 auf dem Boden eines Autos ruht eine Hinterradabtriebswelle 211 auf Gleitlagern 239, so daß ihre freie Bewegung in Axialrichtung (in Figur 11 zur Seite) möglich ist. Die Enden der Kupplungsstange 241 sind über Universalgelenke 240 mit den Enden der Hinterradabtriebswelle 211 verbunden. Die anderen Enden der Kupplungsstangen 241 sind mit den entfernten Enden der Hinterrad-Spurstangenhebel 13 (siehe Figur 5) verbunden. Daher wird mit der Verschiebung der Hinterradabtriebswelle 211 ein der Verschiebung entsprechender Lenkwinkel an das rechte und das linke Hinterrad angelegt.

Seitlich vom Gehäuse 238 sind ein erster Elektromotor 242a, der die erste motorbetriebene Betätigungseinheit 237a bildet, und ein zweiter Elektromotor 242b, der die zweite motorbetriebene Betätigungseinheit bildet, derart angebracht, daß die Abtriebsachsen 243a und 243b der Elektromotoren 242a und 242b parallel zu der Mittelachse des Gehäuses 238 liegen. In den

entfernten Bereichen der Abtriebsachsen 243a und 243b sind Getriebeachsen 244a und 244b über elektromagnetische Kupplungen 245a und 245b verbunden. Wenn die elektromagnetischen Kupplungen 245a und 245b eingekuppelt sind, drehen sich die Getriebeachsen 244a und 244b zusammen mit den Abtriebsachsen 243a und 243b.

Die Getriebeachsen 244a und 244b werden durch Lagerpaare 246 gehalten, so daß sie sich frei drehen können. Die Enden der Getriebeachsen 244a und 244b sind über die elektromagnetischen Kupplungen 245a und 245b mit den Abtriebsachsen 243a und 243b verbunden. An den anderen Enden der Getriebeachsen 243a und 243b sind Kodiervorrichtungen 247a und 247b befestigt, mit denen der Drehwinkel der Elektromotoren 242a und 242b erfaßt werden kann.

Im Mittelteil der Getriebeachsen 244a und 244b sind Bremsen 248a und 248b sowie Schnecken 249a und 249b von den elektromagnetischen Kupplungen 245a und 245b ausgehend hintereinander angebracht. Die Schnecken 249a und 249b sind mit Schneckenrädern 250a und 250b (werden später beschrieben) im Eingriff und bilden das erste und das zweite Reduktionsgetriebe 251a und 251b. Andererseits ist auf der Außenfläche des Mittelteils der Hinterradabtriebswelle 211 eine Zahnstange 215 als Teil der Hinterradabtriebswelle 211 ausgebildet. In der Nähe der Hinterradabtriebswelle 211 sind die erste und die zweite Drehachse 252a und 252b schräg zur 211 angeordnet, die zur freien Drehung von Lagern 253 und 254 gehalten werden. Ritzel 255a und 255b auf den Außenflächen der entfernten Teile der ersten und der zweiten Drehachse 252a und 252b befinden sich mit der Zahnstange 215 im Eingriff. Die Schneckenräder 250a und 250b, die an den nahegelegenen Abschnitten der ersten und der zweiten Drehachse 252a und 252b befestigt sind, sind mit den Schnecken 249a und 249b im Eingriff und bilden das erste und das zweite Reduktionsgetriebe 251a und 251b.

An den nahegelegenen Enden der ersten und der zweiten Drehachse 252a und 252b sind Kodiervorrichtungen 256a und 256b vorgesehen und am entfernten Ende der zweiten Drehachse 252b befindet sich eine Kodiervorrichtung 265. Die Drehwinkel der ersten und zweiten Drehachse 252a und 252b werden kontrolliert, um einen an die Hinterräder 209 angelegten Lenkwinkel zu erfassen. Die Kodiervorrichtungen 256a, 256b und 265 dienen als Hinterrad-

Lenkwinkelsensoren. Die Drehwinkel der ersten und der zweiten Drehachse 252a und 252b sind nicht sehr groß. Deshalb können die Kodiervorrichtungen 256a, 256b und 265 durch Potentiometer ersetzt werden. Mit den Potentiometern können die Drehwinkel der Drehachsen 252a und 252b oder direkt die Verschiebung der Hinterradabtriebswelle 211 erfaßt werden.

Wie oben beschrieben bestehen das erste und das zweite Reduktionsgetriebe 251a und 251b aus den Schnecken 249a und 249b sowie den Schneckenrädern 250a und 250b. Hierbei ist der Umkehr-Getriebewirkungsgrad bzw. der Wirkungsgrad bei der Bewegungsübertragung von der Hinterradabtriebswelle 211 zur ersten und zweiten Drehachse 252a und 252b niedriger als der Vorwärts-Getriebewirkungsgrad bzw. der Wirkungsgrad bei der Übertragung der Drehung der ersten und des zweiten Drehachsen 252a und 252b an die Hinterradabtriebswelle 211.

Anschließend steuert wie in Fig. 10 eine Steuervorrichtung 224 mit mehreren Steuergrößenberechnungseinrichtungen 235<sub>1</sub> bis 235<sub>n</sub> (hierbei ist  $n = 2$ , da zwei Steuergrößenberechnungseinrichtungen 235<sub>1</sub> und 235<sub>2</sub> zum Steuern der Vorrichtung aus Figur 11 erforderlich sind) die erste und die zweite Drehachse 252a und 252b, die elektromagnetischen Kupplungen 245a und 245b sowie die Bremsen 238a und 238b und ermöglicht es, daß die Drehachsen 252a und 252b die Hinterradabtriebswelle 211 in Axialrichtung verschieben.

Wenn ein erfindungsgemäßes Vierradlenksystem mit dem obigen Aufbau zum Anlegen eines Lenkwinkels an die Hinterräder verwendet wird, sind zwei Steuergrößenberechnungseinrichtungen 235<sub>1</sub> und 235<sub>2</sub> vorhanden. Eine Vergleichs- und Auswahlvorrichtung 236 vergleicht die von den Steuergrößenberechnungsvorrichtungen 235<sub>1</sub> und 235<sub>n</sub> ausgesandten Steuersignale. Nur wenn diese die gleichen Werte haben, werden die Steuersignale an den ersten und den zweiten Elektromotor 242a und 242b gesandt, die die erste und die zweite motorbetriebene Betätigungseinheit 237<sub>1</sub> und 237<sub>2</sub> bilden. Anschließend wird ein Lenkwinkel an die Hinterräder 209 angelegt.

Wenn eine der beiden Steuergrößenberechnungseinrichtungen 235<sub>1</sub> oder 235<sub>2</sub> ausfällt, sendet die Vergleichs- und Auswahlvorrichtung 236 demzufolge kein Steuersignal zum ersten und zweiten Elektromotor 242a und 242b, und es wird verhindert, daß die motorbetriebenen Betätigungseinheiten 237a und 237b mit dem ersten und dem zweiten Elektromotor 242a und 242b anormal laufen.

Somit wird die Hinterradabtriebswelle 211 nicht abrupt verschoben und kein Lenkwinkel abrupt an die Hinterräder 209 angelegt. Durch den Einbau von drei oder mehr Steuergrößenberechnungseinrichtungen wird die Sicherheit weiter erhöht.

Wenn eine der beiden motorbetriebenen Betätigungseinheiten 237a oder 237b aus dem Beispiel aus Figur 11 aufgrund eines Kurzschlusses im Stromkreis für die Stromzufuhr zur ersten und zweiten motorbetriebenen Betätigungseinheit 237a und 237b oder infolge einer unvermeidbaren Störung in einer Steuervorrichtung 242 (wenn sich einer der beiden Elektromotoren 242a und 242b abrupt dreht) anormal läuft und die andere Betätigungseinheit 237b oder 237a noch normal funktioniert, wird sich die Hinterradabtriebswelle 211 zum Anlegen eines Lenkwinkels an die Hinterräder 209 nicht bewegen. Dadurch erhöht sich die Sicherheit.

Funktioniert ein erfindungsgemäßes elektrisches Vierradlenksystem mit einem Hinterradlenkmechanismus aus Figur 11 normal (es liegt keine Störung vor), dann bringt eine Steuervorrichtung 224 die elektromagnetischen Kupplungen 245a und 245b in Eingriff, löst die Bremsen 248a 2483b (das System bremsst nicht) und setzt anschließend den ersten und den zweiten Elektromotor 242a und 242b unter Strom.

Wenn der erste und der zweite Elektromotor 242a und 242b eingeschaltet sind, wird die Hinterradabtriebswelle 211 in Axialrichtung über die Abtriebsachsen 243a und 243b, die Schnecken 249a und 249b, die erste und die zweite Drehachse 252a und 252b, die Ritzel 255a und 255b und eine Zahnstange 215 verschoben. Mit der Verschiebung der Hinterradabtriebswelle 211 werden die Kupplungsstangen 241 zum Anlegen eines Lenkwinkels an die Hinterräder 209 vorgeschoben und zurückgezogen.

Wenn ein Lenkwinkel an die Hinterräder 209 angelegt wird, nutzt die Steuervorrichtung 224 bei Ausfall des Elektromotors 242a oder 242b den jeweils anderen Elektromotor 242a oder 242b zum Zurückführen der Hinterradabtriebswelle 211 in deren Neutralstellung und hebt damit den an die Hinterräder 209 angelegten Lenkwinkel auf. Zu diesem Zeitpunkt wird die elektromagnetische Kupplung 245a oder 245b des Elektromotors 242a oder 242b gegebenenfalls abgeschaltet, so daß sich der andere Elektromotor 242b oder 242a ruckfrei



dreht (und der defekte Elektromotor 242a oder 242b die Drehung des anderen Motors nicht behindert).

Für das erste und zweite Reduktionsgetriebe ist ein niedriger Getriebewirkungsgrad im Umkehrtrieb charakteristisch. Falls der Elektromotor 242a oder 242b ausfällt und sich eine der Drehachsen 252a oder 252b nicht dreht, wendet deshalb der andere Elektromotor 242b oder 242a eine geringe Kraft an, um die Hinterradabtriebswelle 211 in ihre Neutralstellung zurückzubringen. Nur wenn sich der Elektromotor 242a oder 242b nicht dreht, weil z.B. durchgebrannt ist, kann die Hinterradwelle 211 auch dann, wenn die elektromagnetische Kupplung 245a oder 245b eingekuppelt bleibt, nicht in ihre Neutralstellung zurückgeführt werden. Angenommen, der Elektromotor 242a oder 242b ist durchgebrannt, dann kann die Hinterradabtriebswelle 211 in ihre Neutralstellung zurückgeführt werden, indem die elektromagnetische Kupplung 245a oder 245b abgeschaltet wird.

Deshalb muß in der Hinterradabtriebswelle 211, die ein erfindungsgemäßes elektrisches Vierradlenksystem aus Figur 11 bildet, keine Rückstellfeder 25 (Figuren 5 und 6) vorhanden sein bzw. es genügt eine solche mit schwacher Spannkraft. Denn wenn die Hinterradabtriebswelle 211 im normalen Betriebszustand zum Anlegen eines Lenkwinkels an die Hinterräder 209 verschoben wird, ist eine Kraft, die die Spannkraft der Rückstellfeder 25 überwindet, unnötig. Das bedeutet, der erste und der zweite Elektromotor 242a und 242b zum Lenken der Hinterräder müssen keine große Leistung haben. Wenn ein Fahrzeug geradeaus fährt, wobei die Hinterradabtriebswelle 211 in der Neutralstellung gehalten werden muß, dann werden die Bremsen 248a und 248b betätigt, um eine Drehung der Getriebeachsen 244a und 244b zu verhindern.

Wie bereits dargelegt, wird der Getriebewirkungsgrad des ersten und zweiten Reduktionsgetriebes 251a und 251b in Umkehrtrieb niedrig gehalten. Nur dann, wenn der erste und der zweite Elektromotor 242a und 242b gleich arbeiten (sich drehen, damit die Hinterradabtriebswelle 211 um den gleichen Betrag in die gleiche Richtung verschoben wird), bewegt sich die Hinterradabtriebswelle 211 in Axialrichtung. Und selbst wenn einer der beiden Elektromotoren 242a oder 242b anormal läuft, bewegt sich die Hinterradabtriebswelle 211 nicht abrupt.

Konkret heißt das, falls einer der beiden Elektromotoren 242a oder 242b anormal läuft und der andere Elektromotor 242b oder 242a normal funktioniert, wird das Reduktionsgetriebe 251b oder 251a mit niedrigem Wirkungsgrad in Umkehrrichtung die Schnecke 249b oder 249a des anderen Elektromotors 242b oder 242a nicht in Drehung versetzen. Deshalb bewegt sich die Hinterradabtriebswelle 211 nicht und legt folglich auch nicht abrupt einen Lenkwinkel an die Hinterräder 209 an.

Wie bereits beschrieben führen bei einem erfindungsgemäßen elektrischen Vierradlenksystem, falls ein anormaler Lenkwinkel an die Hinterräder angelegt wird, eine Steuervorrichtung 224 und motorbetriebene Betätigungseinheiten 237a und 237b die Hinterradabtriebswelle 211 in ihre Neutralstellung zurück. Anschließend werden die elektromagnetischen Kupplungen 245a und 245b abgeschaltet und die Bremsen 248a und 248b betätigt (das System wird in den Bremszustand versetzt). In diesem Zustand wird niemals ein Lenkwinkel an die Hinterräder 209 angelegt. Das Auto kann genauso wie eine Auto mit einem normalen Zweiradlenksystem gelenkt werden.

In Figur 12 ist eine andere Ausführungsform der Erfindung dargestellt. Zwei Einheiten mit jeweils einem Lenkwinkelsensor 208, einem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor 223 und einem Giergeschwindigkeitssensor 233 sind installiert, um den an die Vorderräder angelegten Lenkwinkel, die Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs und die Giergeschwindigkeit als Faktoren zu erfassen, die sich auf den an die Hinterräder anzulegenden Lenkwinkel auswirken. Diese Einflußgrößen werden parallel von den Verarbeitungsschaltungen 257, 258 und 259 verarbeitet und anschließend zur ersten und zweiten Steuereinheit (CPUs) 260a und 260 weitergeleitet.

Die erste und die zweite Steuereinheit 260a und 260b nutzen die Verarbeitungsschaltungen 261a bis 261c und 262a bis 262c zum Steuern des ersten und zweiten Elektromotors 242a und 242b, der elektromagnetischen Kupplungen 245a und 245b und der Bremsen 248a und 248b, die z.B. wie in Figur 11 miteinander kombiniert sind, und verschieben somit eine Hinterradabtriebswelle 211 in Axialrichtung. Die erste Steuereinheit 260a gibt über eine Verarbeitungsschaltung 263a das erfaßte Signal einer Kodiervorrichtung 247a zum Erfassen eines Drehwinkels des ersten Elektromotors 242a ein. Die zweite Steuereinheit 260a gibt über eine

Verarbeitungsschaltung 263b das erfaßte Signal einer Kodiervorrichtung 247b zum Erfassen eines Drehwinkels des zweiten Elektromotors 242b ein. Die von den Kodiervorrichtungen 247a und 247b ausgegebenen Signale werden als Rückkopplungssignale genutzt. Damit werden der erste und der zweite Elektromotor 242a und 242b um einen vorgegebenen Winkel gedreht.

In der Konstruktion aus Figur 11 befinden sich Kodiervorrichtungen 256a, 256b und 265 zum Erfassen des Verschiebungsbetrages der Hinterradabtriebswelle 211 mit Hilfe der ersten und zweiten Drehachse 252a und 252b. Die von den Kodiervorrichtungen 256a, 256b und 265 ausgegebenen Signale werden der ersten und zweiten Steuereinheit 260a und 260b zugeleitet. Diese drei Kodiervorrichtungen 256a, 256b und 265 sind Hinterrad-Lenk winkelsensoren zum Erfassen eines an die Hinterräder angelegten Lenkwinkels. Zu der ersten und der zweiten Steuereinheit 260a und 260b gelangen Signale aus den drei Hinterradlenkwinkel-Sensorsystemen zum Erfassen eines an die Hinterräder angelegten Lenkwinkels.

Zwischen der ersten und der zweiten Steuereinheit 260a und 260b ist eine Verbindungsschnittstellenschaltung 264 installiert. Diese erfaßt die Nichtübereinstimmung von Steuersignalen der ersten und der zweiten Steuereinheit 260a und 260b, die zu dem ersten und zweiten Elektromotor 242a und 242b geleitet werden.

Wenn bei einem erfindungsgemäßen elektrischen Vierradlenksystem ein Bauteil ausfällt, nutzen die erste und die zweite Steuervorrichtung 260a und 260b das andere System mit dem nicht gestörten Bauteil, um die Hinterradabtriebswelle 211 in ihre Neutralstellung zurückzuführen und somit den an die Hinterräder angelegten Lenkwinkel aufzuheben.

Wenn beispielsweise in Figur 11 entweder der erste oder der zweite Elektromotor 242a oder 242b ausfällt, schalten die erste und die zweite Steuervorrichtung 260a und 260b eine elektromagnetische Kupplung wegen des defekten Elektromotors ab und nutzen den anderen, nicht defekten Elektromotor und führen so die Hinterradabtriebswelle 211 in ihre Neutralstellung zurück. Daher benötigt das erfindungsgemäße elektrische Vierradlenksystem im Gegensatz zu dem System nach dem bisherigen Stand der Technik keine Rückstellfeder 25 mit großer Spannkraft.

Wenn eine der Kodiervorrichtungen 247a, 247b, 256a, 256b und 265 oder einer der Sensoren 223 oder 233 ausfällt, stimmen die von der ersten und der zweiten Steuereinheit 260a oder 260b ausgesandten Steuersignale nicht überein. Diese fehlende Übereinstimmung wird von einer Verbindungsschnittstellenschaltung 264 erfaßt. Entsprechend den Signalen aus insgesamt drei Hinterradlenkwinkel-Sensorsystemen zum Erfassen eines Hinterradlenkwinkels wird bzw. werden in diesem Fall der erste und/oder der zweite Elektromotor 242a und/oder 242b dazu verwendet, um die Hinterradabtriebswelle 211 in ihre Neutralstellung zurückzuführen. Dadurch wird der an die Hinterräder angelegte Lenkwinkel rückgängig gemacht.

Wenn eines der drei Hinterradlenkwinkel-Sensorsysteme defekt ist, die anderen beiden jedoch normal funktionieren, kann ein an die Hinterräder angelegter Lenkwinkel aufgehoben werden. Das heißt, wenn nur zwei solcher Systeme installiert sind und einer der beiden Hinterrad-Lenkwinkelsensoren ausfällt, kann nicht festgestellt werden, welcher Sensor (Kodiervorrichtung) anormal bzw. normal funktioniert. Da bei der vorliegenden Ausführungsform drei dieser Sensorsysteme vorhanden sind, kann ein defekter Sensor identifiziert werden.

Bei einem erfindungsgemäßen Vierradlenksystem werden der erste und der zweite Elektromotor 242a und 242b durch die erste und die zweite Steuereinheit 260a und 260b unabhängig voneinander gesteuert. Deshalb kann bei einem fahrenden Fahrzeug parallel zur Kontrolle eines an die Hinterräder angelegten Lenkwinkels überprüft werden, ob die Elektromotoren 242a und 242b durchgebrannt und festgefahren sind. Konkret wird, während ein Elektromotor den Lenkwinkel steuert, der andere Elektromotor von der elektromagnetischen Kupplung gelöst, unter Strom gesetzt und anschließend überprüft. Anders als bei der Konstruktion aus Figur 11 sind hierbei die Kodiervorrichtungen 247a und 247b an den Abtriebsachsen 243a und 243b der Elektromotoren 242a und 242b über den elektromagnetischen Kupplungen 245a und 245b befestigt. Andernfalls können aber auch gesonderte Inspektions-Kodiervorrichtungen installiert werden.

Ein erfindungsgemäßes elektrisches Vierradlenksystem kann auf jede Konstruktion angewandt werden, bei der eine Hinterradabtriebswelle durch Einschalten eines Elektromotors in Axialrichtung verschoben wird. Anders ausgedrückt, ein elektrisches Vierradlenksystem, auf das die Erfindung

Anwendung findet, benötigt im Gegensatz zu einem Vierradlenksystem nach dem bisherigen Stand der Technik keinen eingebauten Ausgleichs-Lenkmechanismus.

Ein erfindungsgemäßes elektrisches Vierradlenksystem ist so aufgebaut und funktioniert so wie bereits beschrieben. Das abrupte Anlegen eines Lenkwinkels an die Hinterräder kann zuverlässig verhindert werden. Es wird also eine hohe Sicherheit gewährleistet.

In Figur 13 ist ein Beispiel eines Steuerzustandes dargestellt, bei dem ein erfindungsgemäßes elektrisches Vierradlenksystem einen Lenkwinkel an die Hinterräder anlegt. Bei diesem Lenksystem wird ein Voltmeter oder eine andere Versorgungsspannungs-Erfassungseinrichtung (nicht dargestellt) zum Erfassen der Spannung einer Batterie (nicht dargestellt) verwendet. Anschließend wird das erfaßte Signal der Spannungserfassungseinrichtung zu einer Steuereinheit 25 (Figur 5) geleitet.

Mit der Steuereinheit 25 wird eine Entscheidung getroffen, und es werden Anweisungen wie in Figur 13 ausgegeben und so ein Lenkwinkel an die Hinterräder 9 (Figur 5) entsprechend einer Änderung der Fahrzeuggeschwindigkeit angelegt.

Zuerst liest die Steuereinheit 25 in Schritt S1 die Signale von den Vorderrad-Lenk winkelsensoren 8 ab. Anschließend, wenn die Steuereinheit 25 aufgrund der Signale entscheidet, daß die Batteriespannung ausreicht, berechnet sie in Schritt S2 einen Lenkwinkel, der an die Hinterräder 9 angelegt werden soll (primärer Hinterradlenkwinkel). In Schritt S3 liest die Steuervorrichtung 25 ein Signal von der Versorgungsspannungs-Erfassungseinrichtung ab. In Schritt S4 wird mit Hilfe des erfaßten Signals ein Höchstwert  $\gamma_L$  (maximaler Lenkwinkel) eines an die Hinterräder anlegbaren Lenkwinkels berechnet. Konkret wird in diesem Schritt S4 eine an die Batterie anlegbare Last entsprechend der aktuellen Batteriespannung geschätzt und anschließend der maximale Lenkwinkel berechnet. Letzterer wird in einem Bereich festgelegt, in dem selbst bei Anlegen des Lenkwinkel-Höchstwertes an die Hinterräder die Leistung der Batterie nicht beeinträchtigt wird.

Wie oben beschrieben wird der primäre Hinterradlenkwinkel in Schritt S2 und der maximale Lenkwinkel in Schritt S4 berechnet. (Allerdings können im vorliegenden Fall der primäre Hinterradlenkwinkel  $\gamma_P$  und der maximale

Lenkwinkel  $\gamma_L$  auch in umgekehrter Reihenfolge berechnet werden.) Anschließend wird in Schritt S5 festgestellt, welcher von diesen beiden Werten größer ist. Danach wird der kleinere Lenkwinkel an die Hinterräder angelegt.

Wenn der primäre Hinterradlenkwinkel kleiner als der maximale Lenkwinkel ist, wird er als der Lenkwinkel angenommen, der in Schritt S6 aus Figur 13 an die Hinterräder angelegt wird. Ist der maximale Lenkwinkel kleiner als der primäre Hinterradlenkwinkel, dann wird der maximale Lenkwinkel in Schritt S7 an die Hinterräder angelegt.

In einem Schritt S8 wird eine motorbetriebene Betätigungseinheit unter Strom und ein in Schritt S6 oder S7 festgelegter Lenkwinkel (der primäre oder der maximale) an die Hinterräder angelegt.

Basierend auf den Signalen aus einem in der Steuervorrichtung 25 befindlichen Impulsgenerator werden die Arbeitsschritte der Schritte S1 bis S8 in regelmäßigen Abständen (von einer Sekunde oder weniger) wiederholt, während das Fahrzeug fährt.

In den Figuren 14 und 15 ist das Verhältnis zwischen einer Batteriespannung und dem maximalen Lenkwert dargestellt. In Schritt S4 aus Figur 13 wird der Lenkwinkel entsprechend dem Verhältnis aus den Figuren 14 oder 15 berechnet. Anschließend gelangt der berechnete Wert zu Schritt S5 aus Figur 13. Bei einer angenommenen Batteriespannung von 12 V wird die Leistungsfähigkeit der Batterie durch das Einschalten einer motorbetriebenen Betätigungseinheit nicht beeinträchtigt (siehe Figur 14 und 15). Der höchste Lenkwinkel, der an die Hinterräder angelegt werden kann ( $7^\circ$  in den Figuren 14 und 15) wird als maximaler Lenkwinkel angenommen. Wenn die Batteriespannung 8 V oder weniger beträgt, kann die Funktion der Batterie durch das Einschalten einer motorbetriebenen Betätigungseinheit negativ beeinflusst werden. Dann wird der maximale Lenkwinkel auf null gestellt, so daß kein Lenkwinkel an die Hinterräder angelegt wird. Liegt die Batteriespannung zwischen 8 und 12 V, dann ändert sich der maximale Lenkwinkel kontinuierlich (in Figur 14) oder schrittweise (in Figur 15) entsprechend der Batteriespannung. Ein erfindungsgemäßes Vierradlenksystem kann auf jede Konstruktion Anwendung finden, bei der ein Lenkwinkel durch Einschalten eines Elektromotors an die Hinterräder angelegt wird. Anders ausgedrückt, im Gegensatz zu dem elektrischen Vierradlenksystem gemäß der früheren

Erfindung benötigt das System nach der vorliegenden Erfindung keinen eingebauten Ausgleichs-Lenkmechanismus.

Ein erfindungsgemäßes elektrisches Vierradlenksystem ist so aufgebaut und funktioniert so wie oben beschrieben. Deshalb kommt es nicht vor, daß durch eine Batterie die ruckfreie Bewegung eines Fahrzeugs beeinträchtigt oder ein an die Hinterräder angelegter Lenkwinkel nicht aufgehoben wird.

In den Figuren 16 bis 19 ist eine erfindungsgemäße Ausführungsform eines elektrischen Vierradlenksystem dargestellt. In einem auf dem Boden eines Autos ruhenden zylindrischen Gehäuse 301 liegt eine Hinterradabtriebswelle 302 mit einem Gleitlager 303, so daß sie sich in Axialrichtung (in Figur 16 zur Seite) bewegen kann. Die Enden der Kupplungsstangen 305 sind über Universalgelenke 304 mit den Enden der Hinterradabtriebswelle 302 verbunden. Die anderen Enden der Kupplungsstangen 305 sind mit den entfernten Enden der Hinterrad-Spurstangenhebel verbunden. Daher wird mit der Verschiebung der Hinterradabtriebswelle 302 ein der Verschiebung entsprechender Lenkwinkel an das rechte und das linke Hinterrad angelegt.

Seitlich vom Gehäuse 301 sind ein erster Elektromotor 306a und ein zweiter Elektromotor 306b, die die motorbetriebenen Betätigungseinheiten zum Verschieben der Hinterradabtriebswelle 302 in Axialrichtung bilden, derart angebracht, daß die Abtriebsachsen 307a und 307b der Elektromotoren 306a und 306b parallel zu der Mittelachse des Gehäuses 301 liegen. Getriebeachsen 308a und 308b sind über elektromagnetische Kupplungen 309a und 309b mit den entfernt liegenden Enden der Abtriebsachsen 307a und 307b verbunden. Wenn die elektromagnetischen Kupplungen 309a und 309b eingekuppelt sind, drehen sich also die Getriebeachsen 308a und 308b zusammen mit den Abtriebsachsen 307a und 307b.

Die Getriebeachsen 308a und 308b werden durch Lagerpaare 310 gehalten. Die Enden der Getriebeachsen 308a und 308b sind, wie zuvor beschrieben, über die elektromagnetischen Kupplungen 309a und 309b mit den Abtriebsachsen 307a und 307b verbunden. An den anderen Enden der Getriebeachsen 308a und 308b sind Kodiervorrichtungen 311a und 311b befestigt, mit denen die Drehwinkel der Getriebeachsen 308a und 308b erfaßt werden können.

Im Mittelteil der Getriebeachsen 308a und 308b sind Schnecken 312a und 312b ausgebildet, die mit Schneckenrädern 313a und 313b (werden später beschrieben) im Eingriff sind.

Andererseits ist auf der Außenfläche des Mittelteils der Hinterradabtriebswelle 302 eine Zahnstange 314 als Teil der Hinterradabtriebswelle ausgebildet. In der Nähe der Hinterradabtriebswelle 302 sind die erste und die zweite Drehachse 315a und 315b schräg zur Hinterradabtriebsachse 302 angeordnet, die zur freien Drehung von den Lagern 316 und 317 gehalten werden. Ritzel 318a und 318b auf den Außenflächen der entfernt liegenden Teile der ersten und der zweiten Drehachse 315a und 315b sind mit der Zahnstange 314 im Eingriff.

Die Schneckenräder 313a und 313b, die auf den nahegelegenen Abschnitten der ersten und der zweiten Drehachse 315a und 315b aufliegen, sind mit den Schnecken 312a und 312b im Eingriff und bilden das erste und das zweite Reduktionsgetriebe 320a und 320b. An den nahegelegenen Enden der ersten und der zweiten Drehachse 315a und 315b sind Kodiervorrichtungen 319a und 319b vorgesehen und am entfernten Ende der zweiten Drehachse 315b befindet sich eine Kodiervorrichtung 328. Die Drehwinkel der ersten und zweiten Drehachse 315a und 315b werden demnach kontrolliert, um die Verschiebung der Hinterradabtriebswelle 302 und die Drehung des ersten und des zweiten Elektromotors 306a und 306b zu erfassen. Es sind drei Kodiervorrichtungen, d.h. 319a, 319b und 328, installiert, so daß selbst bei Ausfall einer Kodiervorrichtung die Hinterradabtriebswelle 302 entsprechend den Signalen aus den beiden übrigen Kodiervorrichtungen in die Neutralstellung zurückgeführt werden kann. Die Drehung der ersten und der zweiten Drehachse 315a und 315b ist relativ gering. Deshalb können die Kodiervorrichtungen 319a, 319b und 328 durch Potentiometer ersetzt werden. Mit den Potentiometern kann die Verschiebung der Hinterradabtriebswelle 302 über die Drehachsen 315a und 315b oder direkt erfaßt werden.

Wie oben beschrieben ist bei dem ersten und dem zweiten Reduktionsgetriebe 320a und 320b, bestehend aus den Schnecken 312a und 312b sowie den Schneckenrädern 313a und 313b, der Umkehr-Getriebewirkungsgrad bzw. der Wirkungsgrad bei der Bewegungsübertragung von der Hinterradabtriebswelle 302 zum ersten und zweiten Elektromotor 306a und 306b niedriger als der Vorwärts-Getriebewirkungsgrad bzw. der Wirkungsgrad bei der Übertragung der



Drehung des ersten und des zweiten Elektromotors 306a und 306b zur Hinterradabtriebswelle 302.

Seitlich am Mittelteil der Hinterradabtriebswelle 302 befinden sich ein erster und ein zweiter Ein-Richtungskopplungsmechanismus 321a und 321b sowie ein erster und ein zweiter Aufhebungsmechanismus 322a und 322b zur Deaktivierung des ersten und zweiten Ein-Richtungskopplungsmechanismus 321a und 321b.

Bei der Ausführungsform aus Figur 16 umfassen der erste und der zweite Ein-Richtungskopplungsmechanismus 321a und 321b Sperrgetriebe 323a und 323b, die an den Rändern des Mittelteils der Hinterradabtriebswelle 302 ausgebildet sind und entgegengesetzt zueinander ausgerichtet sind, und Sperrklinken 324a und 324b, die von den Sperrgetrieben 323a und 323b gelöst werden können, sowie Federn 325a und 325b, mit denen die hinteren Enden der Sperrklinken 324a und 324b zu den Sperrgetrieben 323a und 323b gedrückt werden. Der erste und der zweite Aufhebungsmechanismus 322a und 322b weisen Solenoide 326a und 326b auf. Wenn die Solenoide 326a und 326b unter Strom gesetzt werden, werden die hinteren Enden der Sperrklinken 324a und 324b von den Sperrgetrieben 323a und 323b wegbewegt, indem sie der Spannkraft der Federn 325a und 325b Widerstand leisten.

Bei dem vorgenannten ersten und zweiten Ein-Richtungskopplungsmechanismus 321a und 321b sind die Sperrgetriebe 323a und 323b auf dem Rand der Hinterradabtriebswelle 302 entgegengesetzt zueinander ausgerichtet und in Axialrichtung der Hinterradabtriebswelle 302 zueinander versetzt. Wie in den Figuren 16 und 17 dargestellt, ist die Sperrklinke 324a, die den ersten Ein-Richtungskopplungsmechanismus 321a bildet, mit einem Ende (in den Figuren 16 und 17 mit dem rechten Ende) des Sperrgetriebes 323a im Eingriff und verhindert somit eine Bewegung der Hinterradabtriebswelle 302 in eine Richtung (in den Figuren 16 und 17 nach rechts). Die Sperrklinke 324a, die den zweiten Ein-Richtungskopplungsmechanismus 321b bildet, ist mit dem anderen Ende (in den Figuren 16 und 17 mit dem linken Ende) des Sperrgetriebes 323b im Eingriff und verhindert so eine Bewegung der Hinterradabtriebswelle 302 in die andere Richtung (in den Figuren 16 und 17 nach links).

Wenn die Sperrklinke 324a mit einem Ende des Sperrgetriebes 323a und die Sperrklinke 324b mit dem anderen Ende des Sperrgetriebes 323b im Eingriff

sind, verbleibt die Hinterradabtriebswelle 302 in der Neutralstellung, und es wird weder in der einen noch in der anderen Richtung ein Lenkwinkel an die Hinterräder angelegt. Wenn die Sperrklinken 324a und 324b in Axialrichtung der Hinterradabtriebswelle 302 versetzt zueinander angeordnet sind, jedoch die Sperrklinke 324a mit einem Ende des Sperrgetriebes 323a und gleichzeitig die Sperrklinke 324b mit dem anderen Ende des Sperrgetriebes 323b in Eingriff kommen können, müssen die Sperrgetriebe 323a und 323b nicht unbedingt an voneinander abweichenden Positionen in Axialrichtung ausgebildet werden.

Die Federn 325a und 325b sind zwischen den nahegelegenen Enden der Sperrklinken 324a und 324b und feststehenden Teilen eines Fahrzeugaufbaus 327 angebracht. Nur wenn Kräfte von außen einwirken, sind die vorderen Enden der Sperrklinken 324a und 324b nicht mit den Sperrgetrieben 323a und 323b im Eingriff. Die Solenoide 326a und 326b, die den ersten und zweiten Aufhebungsmechanismus 322a und 322b bilden, befinden sich zwischen den feststehenden Teilen des Fahrzeugaufbaus 327 und den vorderen Abschnitten der Sperrklinken 324a und 324b. Im nichtleitenden Zustand (wenn der erste und zweite Aufhebungsmechanismus 322a und 322b deaktiviert sind) dehnen sich die Solenoide 326a und 326b aus. Wenn ihnen Strom zugeführt wird, ziehen sich die Solenoide 326a und 326b längs zusammen. Deshalb setzen die Sperrklinken 324a und 324b dann, wenn die Solenoide 326a und 326b Strom führen (der erste und der zweite Aufhebungsmechanismus 322a und 322b aktiviert sind), der Spannkraft der Federn 325a und 325b einen Widerstand entgegen. Dadurch lösen sich die vorderen Enden der Sperrklinken 324a und 324b von den Sperrgetrieben 323a und 323b.

Eine Steuervorrichtung (nicht dargestellt) steuert den ersten und zweiten Elektromotor ~~306a und 306b~~, elektromagnetische Kupplungen 309a und 309b und Solenoide 326a und 326b und ermöglicht es anschließend, daß der erste und zweite Elektromotor 306a und 306b die Hinterradabtriebswelle 302 in Axialrichtung verschieben. Somit wird ein Lenkwinkel an die Hinterräder angelegt.

Bei Verwendung eines erfindungsgemäßen elektrischen Vierradlenksystems mit dem vorgenannten Aufbau zum Anlegen eines Lenkwinkel an die Hinterräder schließt die Steuervorrichtung die elektromagnetischen Kupplungen 309a und 309b an, setzt die Solenoide 326a und 326b unter Strom und aktiviert

anschließend den ersten und zweiten Aufhebungsmechanismus 322a und 322b. Wenn die vorderen Enden der Sperrklinken 324a und 324b wie in Figur 18 von den Sperrgetrieben 323a und 323b gelöst sind, schaltet die Steuervorrichtung den ersten und zweiten Elektromotor 306a und 306b ein.

Führen der erste und der zweite Elektromotor 306a und 306b Strom, wird eine Hinterradabtriebswelle 302 über die Abtriebsachsen 307a und 307b, die Getriebeachsen 308a und 308b, die Schnecken 312a und 312b, die erste und zweite Drehachse 315a und 315b, die Ritzel 318a und 318b und eine Zahnstange 314 in Axialrichtung verschoben. Mit der Verschiebung der Hinterradabtriebswelle 302 werden dann die Kupplungsstangen 305 vorgeschoben und zurückgezogen und ein Lenkwinkel an die Hinterräder angelegt.

Wenn der Lenkwinkel an die Hinterräder angelegt ist und entweder der Elektromotor 306a oder 306b ausfällt, schaltet die Steuervorrichtung die Solenoide 326a und 326b ab, so daß diese sich durch die Spannkraft der Federn 325a und 325b ausdehnen können (der erste und zweite Aufhebungsmechanismus 322a und 322b sind deaktiviert). Dadurch schwingen die Sperrklinken 324a und 324b entsprechend der Federkraft der Federn 325a und 325b. Wie in Figur 19 dargestellt, können die vorderen Enden der Sperrklinken 324a und 324b mit den Sperrgetrieben 323a und 323b in Eingriff kommen.

Wenn dies so ist, kann sich die Hinterradabtriebsachse 302 nur in die Neutralstellung bewegen. Das heißt, wenn die Hinterradabtriebswelle 302 in einer Richtung von der Neutralstellung aus Figur 19 abweicht (in Figur 19 nach rechts), greifen das Sperrgetriebe 323a und die Sperrklinke 324a ineinander und bilden den ersten Ein-Richtungskopplungsmechanismus 321a. Dadurch kann sich die Hinterradabtriebswelle 302 nur in die andere Richtung (in Figur 19 nach links) zur Neutralstellung bewegen. Wenn dann die Hinterradabtriebswelle 302 in die andere Richtung zur Neutralstellung geschoben wird, kehrt sie in ihre Neutralstellung zurück.

Eine Kraft zum Zurückführen der Hinterradabtriebswelle 302 in die Neutralstellung kann wie später beschrieben mit Hilfe eines ersten oder zweiten Elektromotors 306a oder 306b, der jeweils eine motorbetriebene Betätigungseinheit darstellt, erzeugt werden, der nicht defekt ist. Als Alternative dazu kann die Aufhängung der Hinterräder (Aufhängungsgeometrie) so ausgelegt sein, daß

nach dem Wiederanfahren des Fahrzeugs die Hinterräder in die Geradeausstellung zurückgestellt werden (Neutralstellung). Dadurch kann die Hinterradabtriebswelle 302 selbst dann, wenn eine der beiden Betätigungseinheiten ausfällt, in die Neutralstellung bewegt werden. Als Aufhängung zum Zurückstellen der Hinterräder kann eine allgemein bekannte Aufhängungsvorrichtung zum Zurückstellen der Vorderräder in die geradlinige Position genutzt werden. Auf eine Darstellung und genaue Beschreibung wird hier verzichtet.

Wenn die Hinterradabtriebswelle 302 wie oben beschrieben in die Neutralstellung bewegt wird (siehe die Figuren 16 und 17), dann kommen die beiden Sperrklinken 324a und 324b mit den Enden der Sperrgetriebe 323a und 323b in Eingriff. Wenn dann das Sperrgetriebe 323b und die Sperrklinke 324b ineinandergreifen und so den zweiten Ein-Richtungskopplungsmechanismus 321b bilden, wird die Bewegung der Hinterradabtriebswelle 302 in die andere Richtung über die Neutralstellung hinaus verhindert.

Wenn demgegenüber die Hinterradabtriebswelle 302 über die Neutralstellung hinaus in die andere Richtung verschoben ist, bewegt sie sich mit Hilfe des zweiten Ein-Richtungskopplungsmechanismus 321b nur in eine Richtung zur Neutralstellung hin. Jedoch wird durch den ersten Ein-Richtungskopplungsmechanismus 321a verhindert, daß sich die Hinterradabtriebswelle 302 in einer Richtung über die Neutralstellung hinaus bewegt.

Bei Abweichen der Hinterradabtriebswelle 302 in eine der beiden Richtungen ermöglichen der erste und zweite Ein-Richtungskopplungsmechanismus 321a und 321b das Bewegen der Hinterradabtriebswelle zur Neutralstellung hin. Bei einem Defekt wird daher ein an die Hinterräder angelegter Lenkwinkel aufgehoben und die Hinterräder werden in einen Zustand versetzt, in dem kein Lenkwinkel anliegt.

Wenn bei der Ausführungsform aus Figur 16 der erste oder zweite Elektromotor 306a oder 306, der jeweils eine motorbetriebene Betätigungseinheit bildet, ausfällt, nutzt die Steuervorrichtung den anderen, nicht defekten Elektromotor 306b oder 306a zum Zurückführen der Hinterradabtriebswelle 302 in die Neutralstellung. So wird ein an die Hinterräder 209 angelegter Lenkwinkel aufgehoben. Zu diesem Zeitpunkt wird die elektromagnetische Kupplung 309a oder 309b des ersten oder zweiten Elektromotors 306a oder 306b

gegebenenfalls abgeschaltet, so daß sich der andere Elektromotor 306b oder 306a ruhig dreht (und der defekte Elektromotor 306a oder 306b die Drehung des anderen Elektromotors nicht behindert).

Für das erste und zweite Reduktionsgetriebe ist ein niedriger Getriebewirkungsgrad im Umkehrtrieb charakteristisch. Falls der Elektromotor 306a oder 306b ausfällt und sich eine der Drehachsen 315a oder 315b nicht dreht, wendet deshalb der andere Elektromotor 306b oder 306a eine geringe Kraft an, um die Hinterradabtriebsachse 302 in ihre Neutralstellung zurückzubringen. Nur wenn sich der Elektromotor 306a oder 306b nicht dreht, weil er durchgebrannt ist, kann die Hinterradwelle 302 auch dann, wenn die elektromagnetische Kupplung 309a oder 309b eingekuppelt bleibt, nicht in ihre Neutralstellung zurückgeführt werden. Angenommen, der Elektromotor 306a oder 306b ist durchgebrannt und dreht sich nicht, dann kann die Hinterradabtriebswelle 302 in ihre Neutralstellung zurückgeführt werden, indem die elektromagnetische Kupplung 309a oder 309b abgeschaltet wird.

Mit dem Einbau des ersten und zweiten Ein-Richtungskopplungsmechanismus 321a und 321b benötigt die Hinterradabtriebswelle 302, die ein erfindungsgemäßes elektrisches Vierradlenksystem bildet, keine Rückstellfeder mehr bzw. es genügt eine mit schwacher Spannkraft. Denn wenn die Hinterradabtriebswelle 302 im normalen Betriebszustand zum Anlegen eines Lenkwinkels an die Hinterräder verschoben wird, ist eine große Kraft, die die Spannkraft der Rückstellfeder überwindet, unnötig. Deshalb müssen der erste und der zweite Elektromotor 306a und 306b keine große Leistung haben. Wenn ein Fahrzeug geradeaus fährt, wobei die Hinterradabtriebswelle 302 in der Neutralstellung gehalten werden muß, dann werden der erste und zweite Aufhebungsmechanismus 322a und 322b außer Kraft gesetzt, so daß die Sperrklinken 324a und 324b mit den Enden der Sperrgetriebe 323a und 323b ineinandergreifen. Dadurch wird eine Verschiebung der Hinterradabtriebswelle 302 in Axialrichtung verhindert.

Bei der Ausführungsform aus Figur 16 wird genau wie bei der vorherigen Ausführungsform der Getriebewirkungsgrad des ersten und zweiten Reduktionsgetriebes 320a und 320b in Umkehrtrieb niedrig gehalten. Nur wenn der erste und der zweite Elektromotor 306a und 306b gleich funktionieren (sich drehen, um die Hinterradabtriebswelle 302 um den gleichen Betrag in Richtung

zu verschieben), wird die Hinterradabtriebswelle 302 in Axialrichtung verschoben. Selbst wenn einer der beiden Elektromotoren 306a oder 306b anormal läuft, wird die Hinterradabtriebswelle 302 nicht abrupt verschoben.

Konkret heißt das, bei anormalem Lauf eines Elektromotors 306a oder 306b - solange der andere Elektromotor 306a oder 306b normal funktioniert - versetzt das Reduktionsgetriebe 320b oder 320a mit niedrigem Getriebewirkungsgrad die Schnecke 312b oder 312a des anderen Elektromotors 306b oder 306a Hinterradabtriebswelle nicht in Drehung. Demzufolge bewegt sich die Hinterradabtriebswelle 302 nicht und legt nicht abrupt einen Lenkwinkel an die Hinterräder an.

Während der gesamten Zeit überwacht die Steuervorrichtung die Ausgangssignale der Kodiervorrichtungen 311a, 311b, 319a, 319b und 328. Wenn die Gefahr besteht, daß ein anormaler Lenkwinkel an die Hinterräder angelegt wird, stellt die Steuervorrichtung die Hinterradabtriebswelle 302 unverzüglich in ihre Neutralstellung zurück. Anschließend löst sie die elektromagnetischen Kupplungen 309a und 309b und schaltet die Solenoide 326a und 326b ab. Dadurch kommen der erste und zweite Ein-Richtungskopplungsmechanismus 321a und 321b wie in den Figuren 16 und 17 in Eingriff, die die Hinterradabtriebswelle in der Neutralstellung halten. Es wird kein Lenkwinkel an die Hinterräder angelegt. So läßt sich das Auto genau wie ein Fahrzeug mit normalem Zweiradlenksystem lenken.

Wenn die Stromversorgung des Vierradlenksystems gestört ist und beide Elektromotoren 306a und 306b sich nicht drehen, sind die Solenoide 326a und 326b ausgeschaltet. Dann werden die Hinterräder wie bereits beschrieben aufgrund der Geometrie der Hinterradaufhängung in ihre Neutralstellungen zurückbewegt. Für ein ruckfreies Aufheben eines an die Hinterräder angelegten Lenkwinkels ist es günstig, wenn die zwischen den Abtriebsachsen 307a und 307b und den Getriebeachsen 308a und 308b angebrachten elektromagnetischen Kupplungen 309a und 309b nur in stromführendem Zustand eingekuppelt sind.

Bei der vorgenannten Ausführungsform verwendet ein elektrisches Vierradlenksystem motorbetriebene Betätigungseinheiten, um einen Lenkwinkel an die Hinterräder anzulegen. Die vorliegende Erfindung kann auch auf ein hydraulisches Vierradlenksystem Anwendung finden, bei dem hydraulische

Betätigungseinheiten zum Anlegen eines Lenkwinkels an die Hinterräder verwendet werden.

Ein erfindungsgemäßes Vierradlenksystem ist so aufgebaut und funktioniert so wie oben beschrieben. Daher kann bei einer Störung zuverlässig ein an die Hinterräder angelegter Lenkwinkel aufgehoben werden. Außerdem können kompakte Betätigungseinheiten mit geringer Leistung als Bauteile des Vierradlenksystems genutzt werden. So lassen sich die Herstellungskosten verringern, wird eine größere Freiheit bei der Anordnung und Anbringung der Betätigungseinheiten möglich, und schließlich wird der Aufbau eines elektrischen Vierradlenksystems vereinfacht.

Selbst wenn eine Betätigungseinheit anormal arbeitet, kann zuverlässig verhindert werden, daß ein Lenkwinkel abrupt an die Hinterräder angelegt wird. Dadurch wird eine hohe Sicherheit gewährleistet.

Patentanmeldung Nr.: 92 111 035.9-2306

Anmelder: : NSK LTD.

### Patentansprüche

1. Elektrisches Vierradlenksystem mit:

einer Hinterradausgangswelle (11;211;302) zur Beaufschlagung der Hinterräder mit einem Lenkwinkel unter einer Verschiebung der Ausgangswelle in Axialrichtung.

einem ersten Elektromotor (37a;237a;306a),

einer ersten Geschwindigkeitsreduziervorrichtung (46a;251a;320a), die zwischen dem ersten Elektromotor und der Hinterradausgangswelle angeordnet ist, um die Hinterradausgangswelle in Axialrichtung zu verschieben, wenn der Elektromotor betätigt wird,

einem zweiten Elektromotor (37b;237b;306b),

einer zweiten Geschwindigkeitsreduziervorrichtung (46b;251b;320b), die zwischen dem zweiten Elektromotor und der Hinterradausgangswelle angeordnet ist, um die Hinterradausgangswelle in Axialrichtung zu verschieben, wenn der zweite Elektromotor betätigt wird, und

einer Steuervorrichtung zur Steuerung des ersten und zweiten Elektromotors und zur Ermöglichung der Verschiebung der Hinterradausgangswelle in Axialrichtung durch die Elektromotoren,



wobei die Hinterradausgangswelle als eine einzige Welle ausgebildet ist,

und der Getriebewirkungsgrad jeder Geschwindigkeitsreduzierungsvorrichtung in Vorwärtsrichtung vom Motor zu der Hinterradausgangswelle höher ist als der Getriebewirkungsgrad in Umkehrrichtung.

2. Elektrisches Vierradlenksystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jede Betätigungseinheit eine Kupplung (40a, 40b; 245a, 245b; 309a, 309b) aufweist, die zwischen dem Motor (37a, 37b; 237a, 237b; 306a, 306b) und der Geschwindigkeitsreduzierungsvorrichtung (46a, 46b; 251a, 251b; 320a, 320b) angeordnet ist.

3. Elektrisches Vierradlenksystem nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch einen Vorderradlenkwinkelsensor zur Erfassung eines auf die Vorderräder aufgebrachten Lenkwinkels und einer Steuervorrichtung zur Berechnung eines auf die Hinterräder aufzubringenden Lenkwinkels unter Verwendung des Signals des Vorderradlenkwinkelsensors.

4. Elektrisches Vierradlenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet durch eine Batterie zur Energieversorgung der Betätigungseinheiten, und einer Versorgungsspannungserfassungsvorrichtung zur Erfassung der Batteriespannung und zur Übermittlung des erfaßten Signals an die Steuervorrichtung (224; 260a, 260b), die die Aufbringung eines großen Lenkwinkels auf die Hinterräder ermöglicht, wenn die Spannung hoch ist, die Aufbringung eines kleinen Lenkwinkels auf die Hinterräder ermöglicht, wenn die Spannung niedrig ist, und die Aufbringung eines Lenkwinkels auf die Hinterräder verhindert, wenn die Spannung sehr niedrig ist.

5. Elektrisches Vierradlenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **gekennzeichnet durch Sensoren (208, 223, 233, 234) zur Erfassung von Einflußgrößen, die die Größe eines auf die Hinterräder aufzubringenden Lenkwinkels beeinflussen,**

eine Steuervorrichtung (224) zur Eingabe von Signalen von den Sensoren (208, 223, 233, 234) und zur Ausgabe eines Steuersignals aufgrund dessen durch die Betätigungseinheit ein Lenkwinkel auf die Hinterräder aufgebracht wird,

wobei die Steuervorrichtung (224) zwei Steuergrößenberechnungsvorrichtungen (235<sub>1</sub>, 235<sub>2</sub>) parallel zueinander aufweist, zum Empfang eines Eingangssignals von den Sensoren (208, 223, 233, 234) und Berechnung eines Steuersignals, und eine Vergleichs- und Auswählvorrichtung (236) zum Vergleichen der von den Steuergrößenberechnungsvorrichtungen (235<sub>1</sub>, 235<sub>2</sub>) abgegebenen Steuersignale, und zum Senden von Ausgangssignalen zu den Betätigungseinheiten lediglich dann, wenn die von den Steuergrößenberechnungsvorrichtungen (235<sub>1</sub>, 235<sub>2</sub>) abgegebenen Steuersignale gleiche Werte besitzen.

6. Elektrisches Vierradlenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß die Getriebewirkungsgrade in Umkehrrichtung so gewählt sind, daß auf die Hinterräder ein Lenkwinkel nur dann aufgebracht wird, wenn die Betätigungseinheiten betätigt werden, um die Hinterradausgangswelle (11) um die gleiche Länge in die gleiche Richtung zu verschieben.**

7. Elektrisches Vierradsteuersystem nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **gekennzeichnet durch zumindest zwei Einflußgrößensensorsysteme (208, 234, 233) zur Erfassung von Einflußgrößen, die die Größe eines auf die Hinterräder aufzubringenden Lenkwinkels beeinflussen;**

mindestens drei Hinterradlenkwinkelerfassungssysteme (256a, 256b, 265) zur Erfassung eines auf die Hinterräder auf-  
gebrachten Lenkwinkels;

mindestens zwei parallel zueinander angeordnete Steuervor-  
richtungssysteme (260a, 260b), die jeweils eine Betätigungs-  
einheit in Abhängigkeit von verarbeiteten Eingangssignalen,  
die durch die Sensoren über Verarbeitungsschaltungen  
(257, 258, 259) zugeführt werden, steuern, zur Eingabe von Sig-  
nalen in ein zwischen den Steuervorrichtungen (260a, 260b) an-  
geordnetes Kommunikationsinterface (264) zum Vergleichen der  
Ausgangssignale der Steuervorrichtungen (260a, 260b) und zur  
Erfassung einer Abweichung zwischen diesen.

8. Elektrisches Vierradlenksystem nach einem der Ansprüche 1  
oder 2, **gekennzeichnet** durch einen ersten Ein-Richtungskopp-  
plungsmechanismus (321a), der zwischen der Hinterradausgangs-  
welle (302) und einem stationären Teil (327) des Fahrzeuges  
angeordnet ist und eine Bewegung der Hinterradausgangswelle  
(302) in die Neutralstellung ermöglicht, jedoch ein Bewegen  
der Hinterradausgangswelle in einer Richtung aus der Neutral-  
stellung heraus verhindert, wenn die Hinterradausgangswelle  
in einer Richtung von der Neutralstellung abweicht;

einen ersten Aufhebungsmechanismus (322) zur Deaktivierung  
des ersten Ein-Richtungskopplungsmechanismus (321a) zur Er-  
möglichung einer freien Bewegung der Hinterradausgangswelle  
(302);

einen zweiten Ein-Richtungskopplungsmechanismus (321b), der  
zwischen der Hinterradausgangswelle (302) und einem stationä-  
ren Teil (327) des Fahrzeuges angeordnet ist und eine Bewe-  
gung der Hinterradausgangswelle (302) in Richtung der Neu-  
tralstellung ermöglicht, jedoch ein Bewegen der Hinterradaus-  
gangswelle (302) in die andere Richtung aus der Neutralstel-

lung verhindert, wenn die Hinterradausgangswelle (302) in der anderen Richtung von der Neutralstellung abweicht;

einen zweiten Aufhebungsmechanismus (322b) zur Deaktivierung des zweiten Ein-Richtungskoppelmechanismus (321b) zur Ermöglichung einer freien Bewegung der Hinterradausgangswelle (302), wobei die zulässigen Verschiebungsrichtungen der beiden Ein-Richtungskopplungsmechanismen (321a, 321b) umgekehrt zueinander sind, und

eine Steuervorrichtung zur Steuerung der Betätigungsvorrichtungen und der ersten und zweiten Aufhebungsmechanismen;

wobei die Steuervorrichtung den ersten und zweiten Aufhebungsmechanismus (322a, 322b) während des Normalbetriebes aktiviert, so daß der erste und zweite Ein-Richtungskopplungsmechanismus (321a, 321b) eine Verschiebung der Hinterradausgangswelle (302) nicht behindert und im Falle einer Störung den ersten und zweiten Aufhebungsmechanismus (322a, 322b) deaktiviert, so daß der erste und zweite Ein-Richtungskopplungsmechanismus (321a, 321b) die Verschiebung der Hinterradausgangswelle (302) beschränkt.

9. Verfahren zum Lenken der Hinterräder eines Fahrzeuges durch ein elektrisches Vierradlenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß unter normalen Betriebsbedingungen zur Aufbringung eines Lenkwinkels auf die Hinterräder die Hinterradausgangswelle (302) durch beide Betätigungseinheiten gemeinsam in die Neutralstellung und aus dieser hinaus verschoben wird, wobei beide Betätigungseinheiten in Abhängigkeit von durch die Steuervorrichtung (260a, 260b) verarbeiteten Eingangssignalen synchron arbeiten, wogegen

im Störfungsfall eines Motors (37a, 37b; 237a, 237b; 306a, 306b) die Hinterradausgangswelle (11; 211; 302) durch die andere, funktionierende Betätigungseinheit in die Neutralstellung zurückgebracht und durch diese in der Neutralstellung gehalten wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die funktionierende Betätigungseinheit die Hinterradausgangswelle (11; 211; 302) in die Neutralstellung zurückbringt, während eine Kupplung (40a, 40b; 245a, 245b; 309a, 309b), die zwischen dem abgeschalteten bzw. dem defekten Motor (37a, 37b; 237a, 237b; 306a, 306b) und seiner Geschwindigkeitsreduziervorrichtung (46a, 46b; 251a, 251b; 320a, 320b) angeordnet ist, freigegeben wird, wodurch der abgeschaltete bzw. defekte Motor von der Geschwindigkeitsreduziervorrichtung getrennt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß dann, wenn die Gefahr besteht, daß auf die Hinterradausgangswelle (11; 211; 302) ein abnormaler Lenkwinkel aufgebracht wird, die Hinterradausgangswelle durch zumindest eine Betätigungseinheit sofort in die Neutralstellung zurückgebracht und in dieser verriegelt wird.

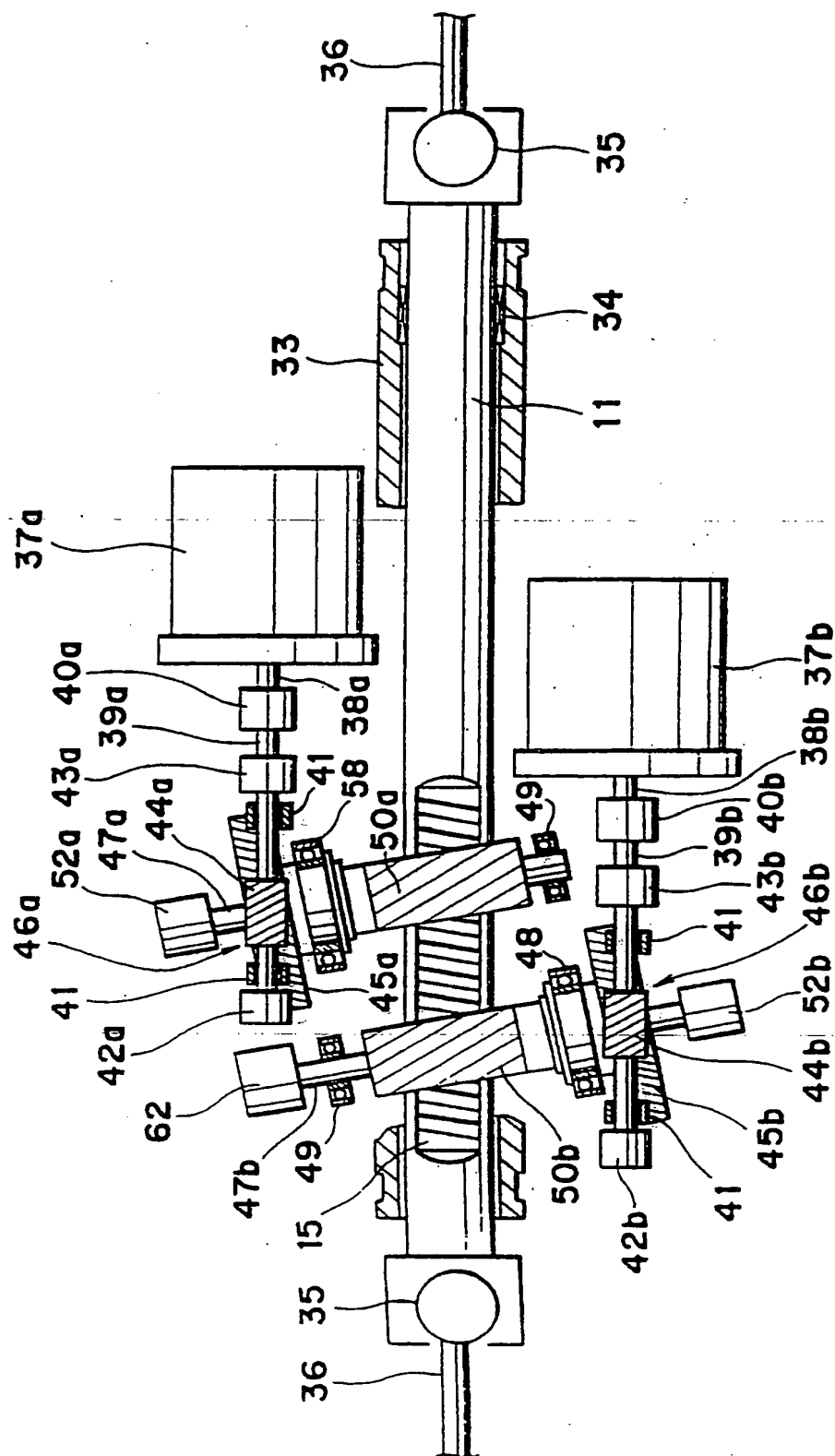
1  
G.  
F/

FIG. 2

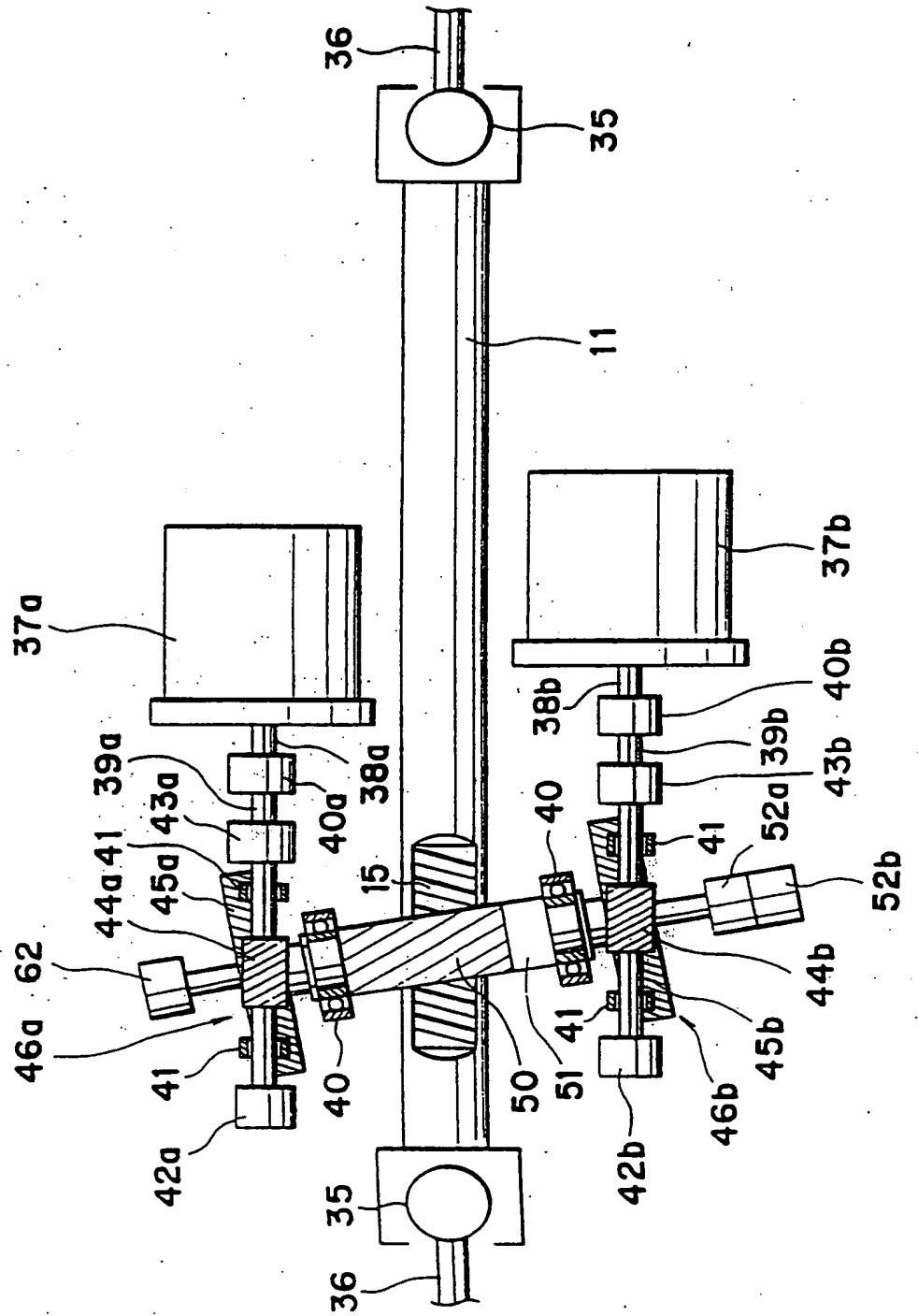


FIG. 3

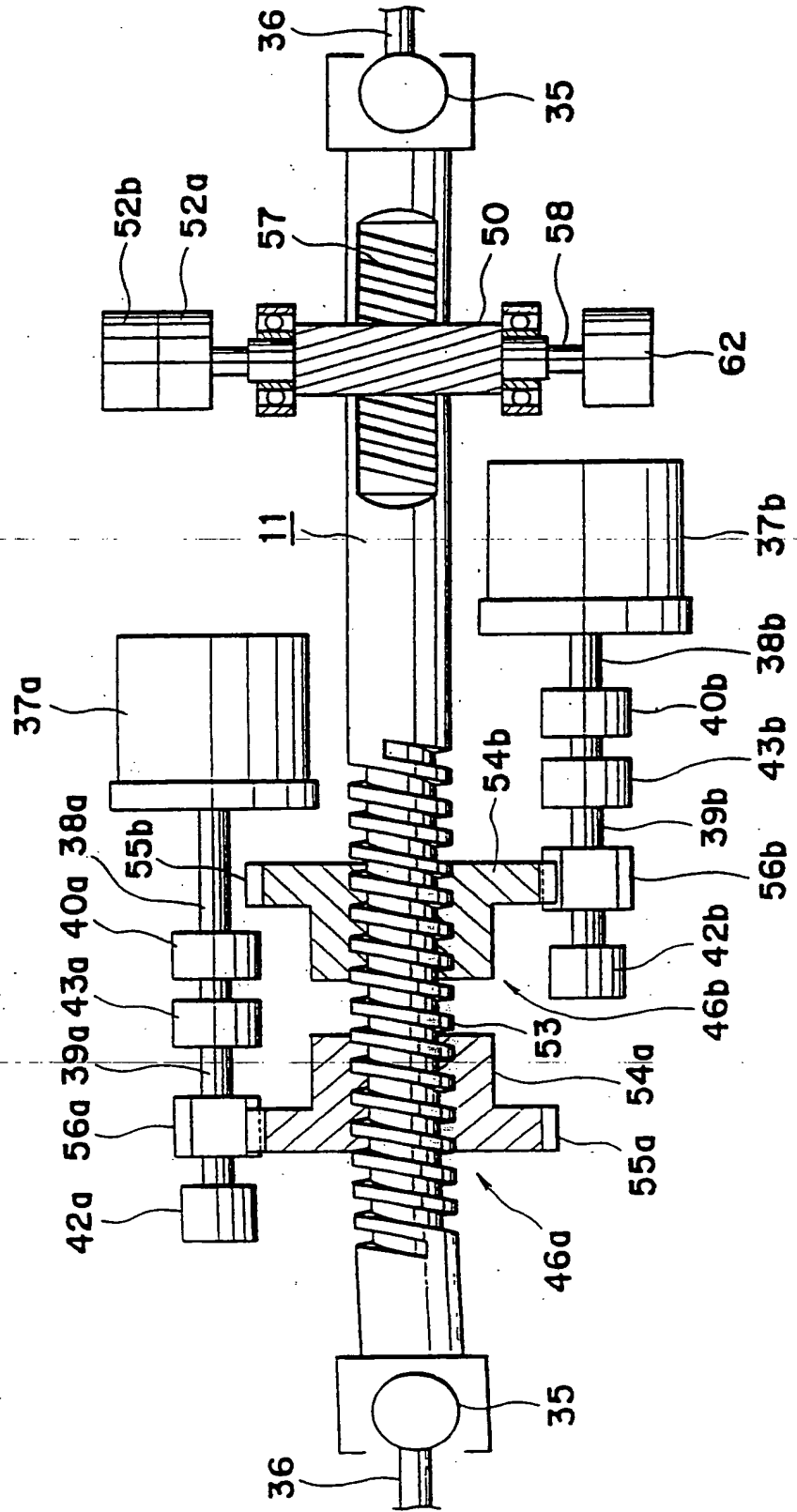




FIG. 4

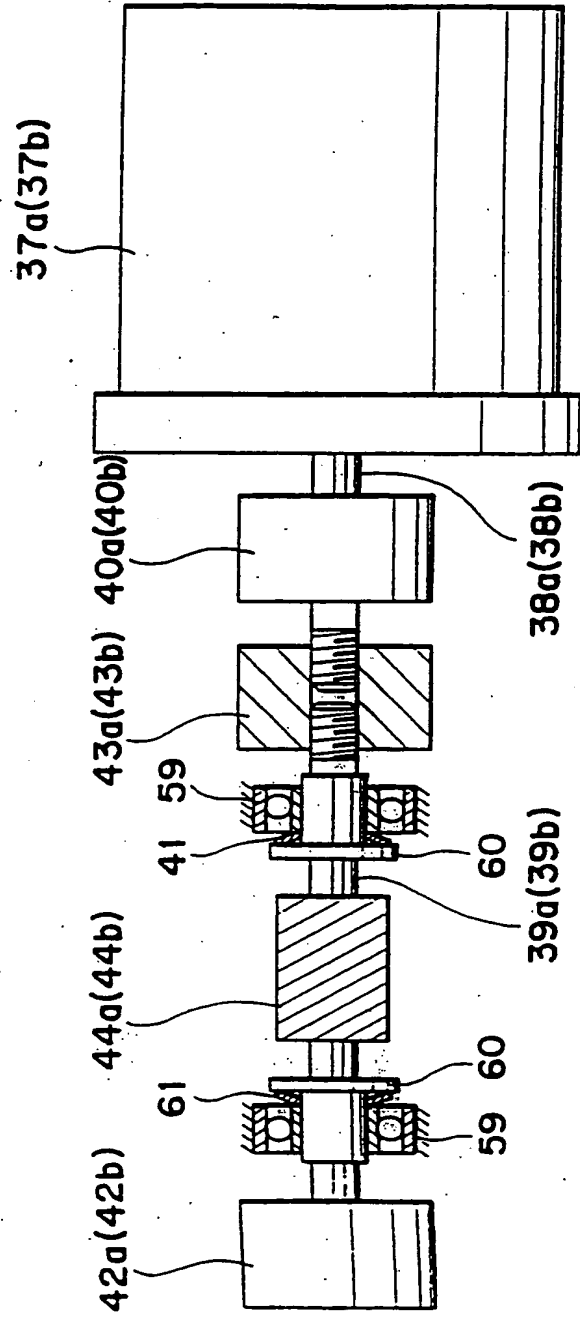
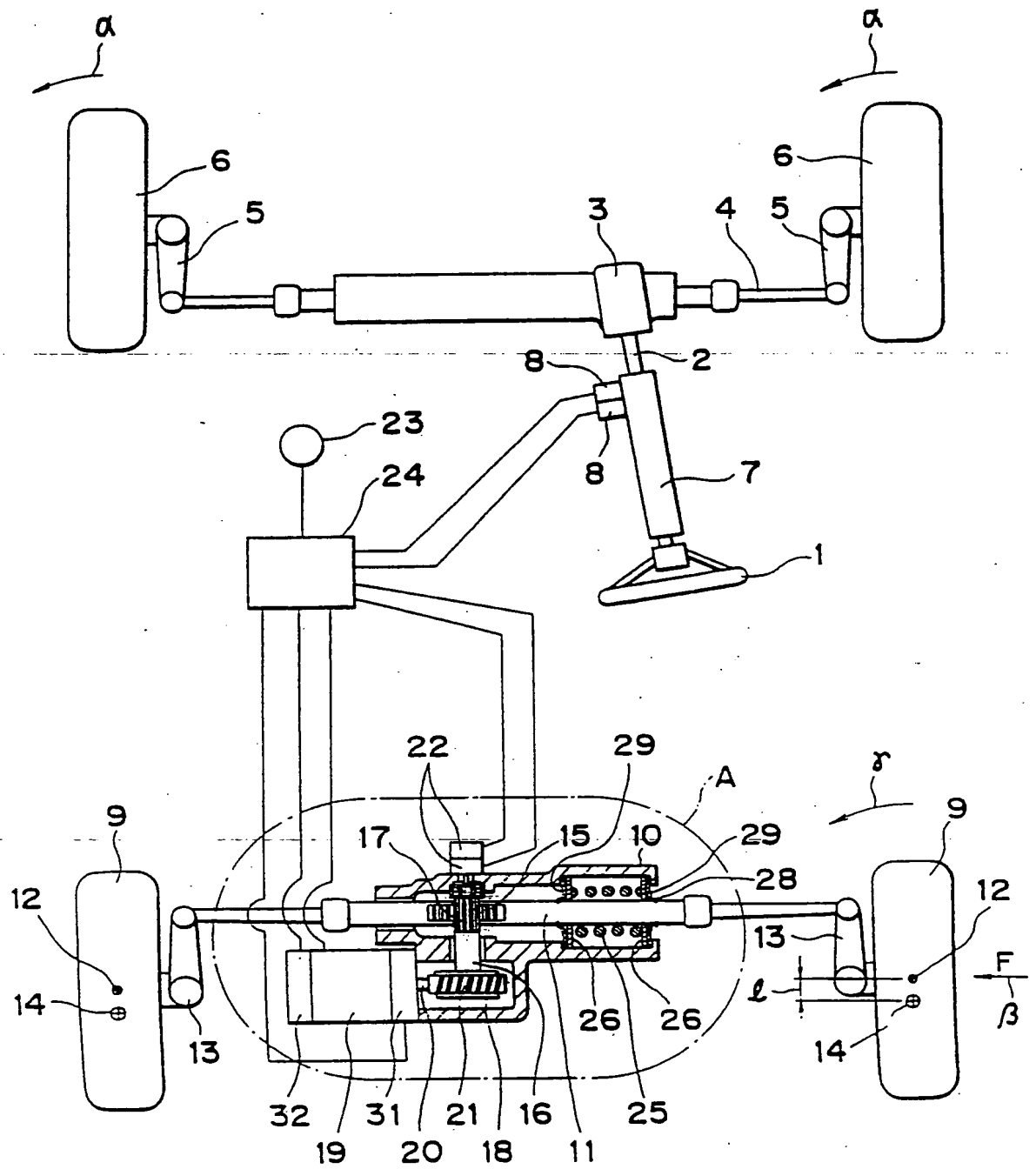


FIG. 5



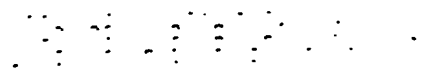
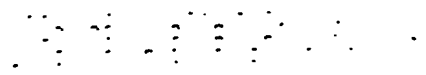
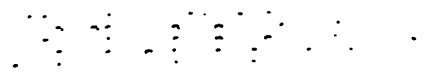
[illegible][illegible][illegible]

FIG. 9

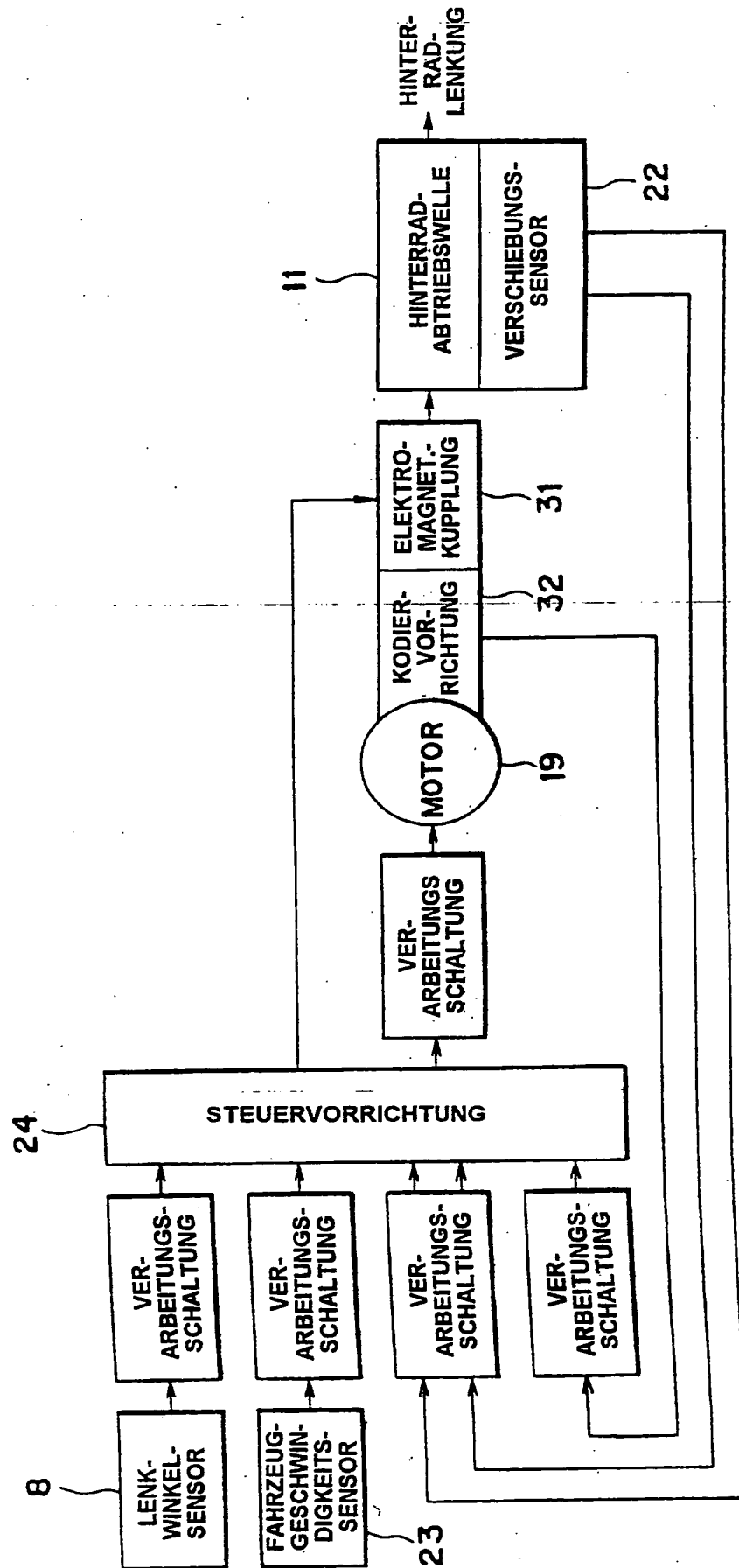


FIG. 10

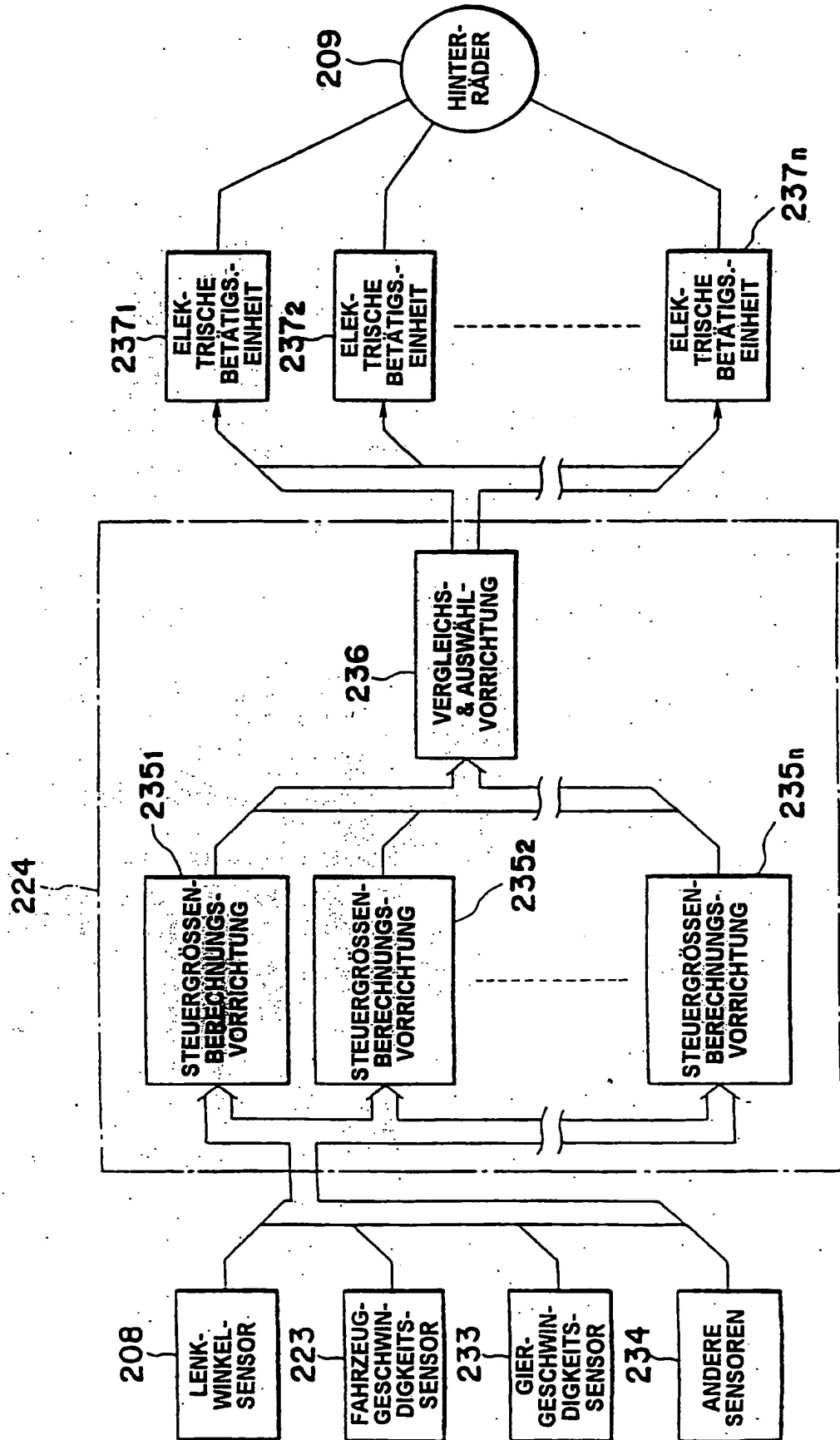


FIG. 11

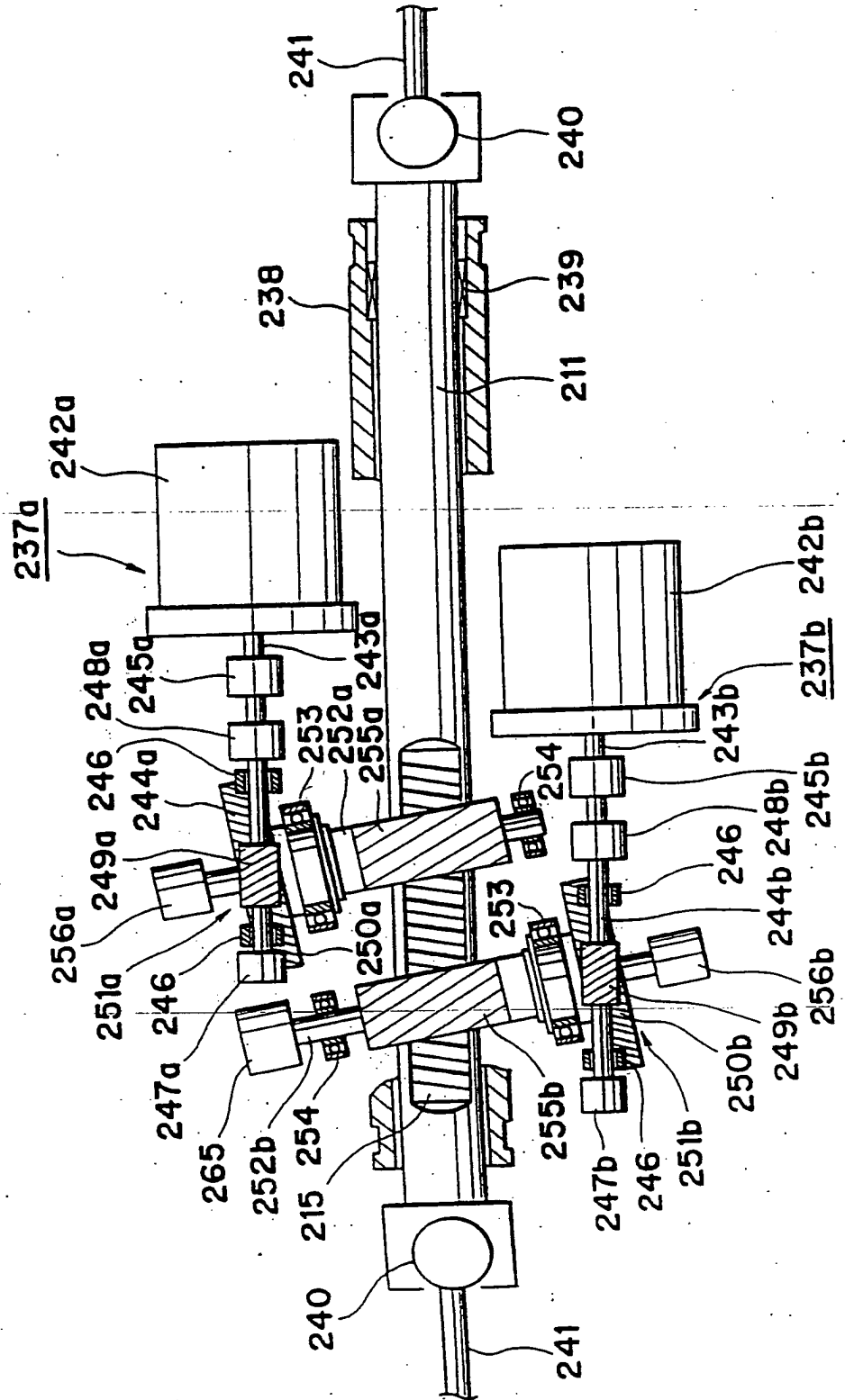


FIG. 12A

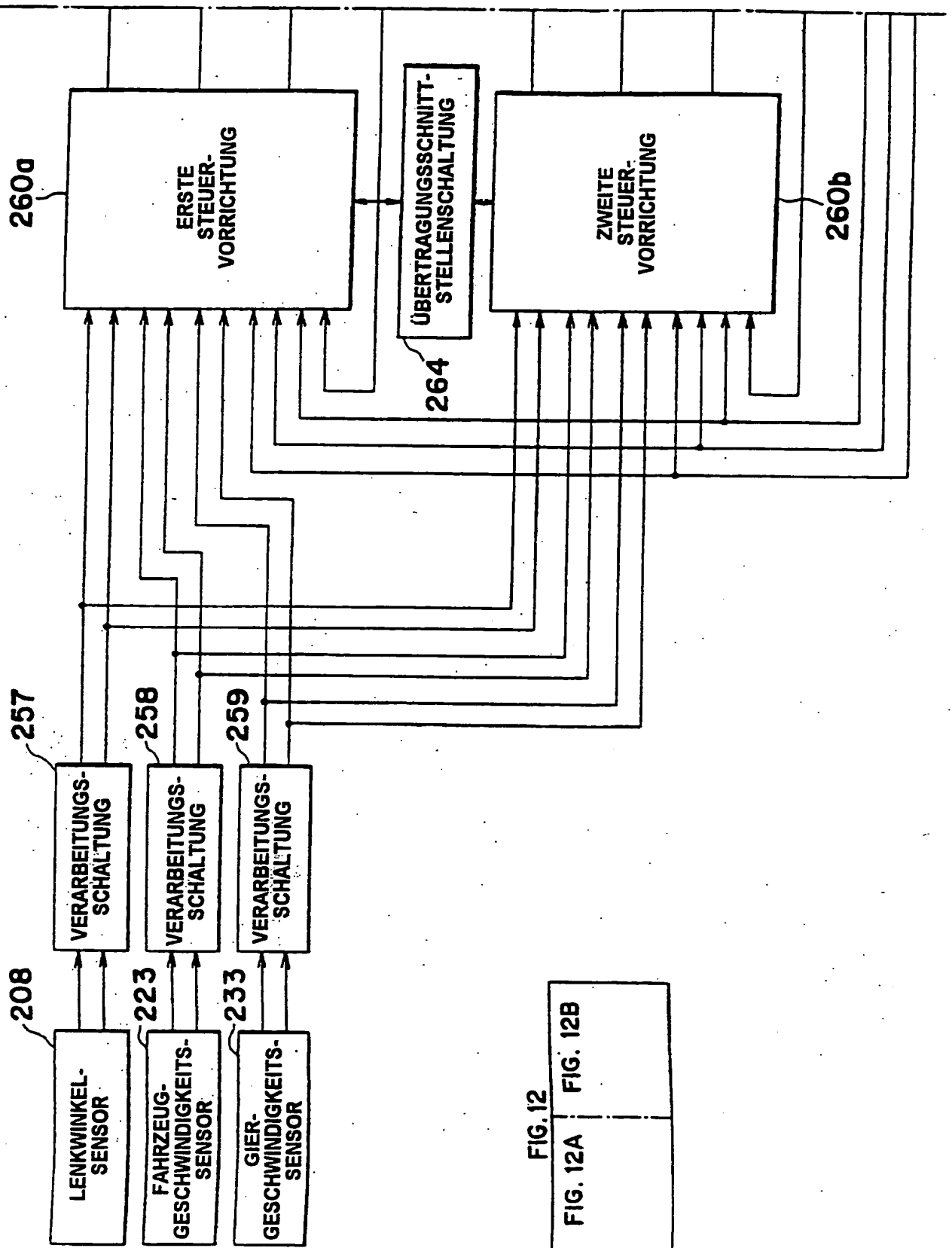


FIG. 12

FIG. 12A FIG. 12B

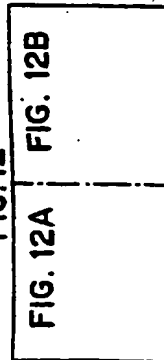


FIG. 12B

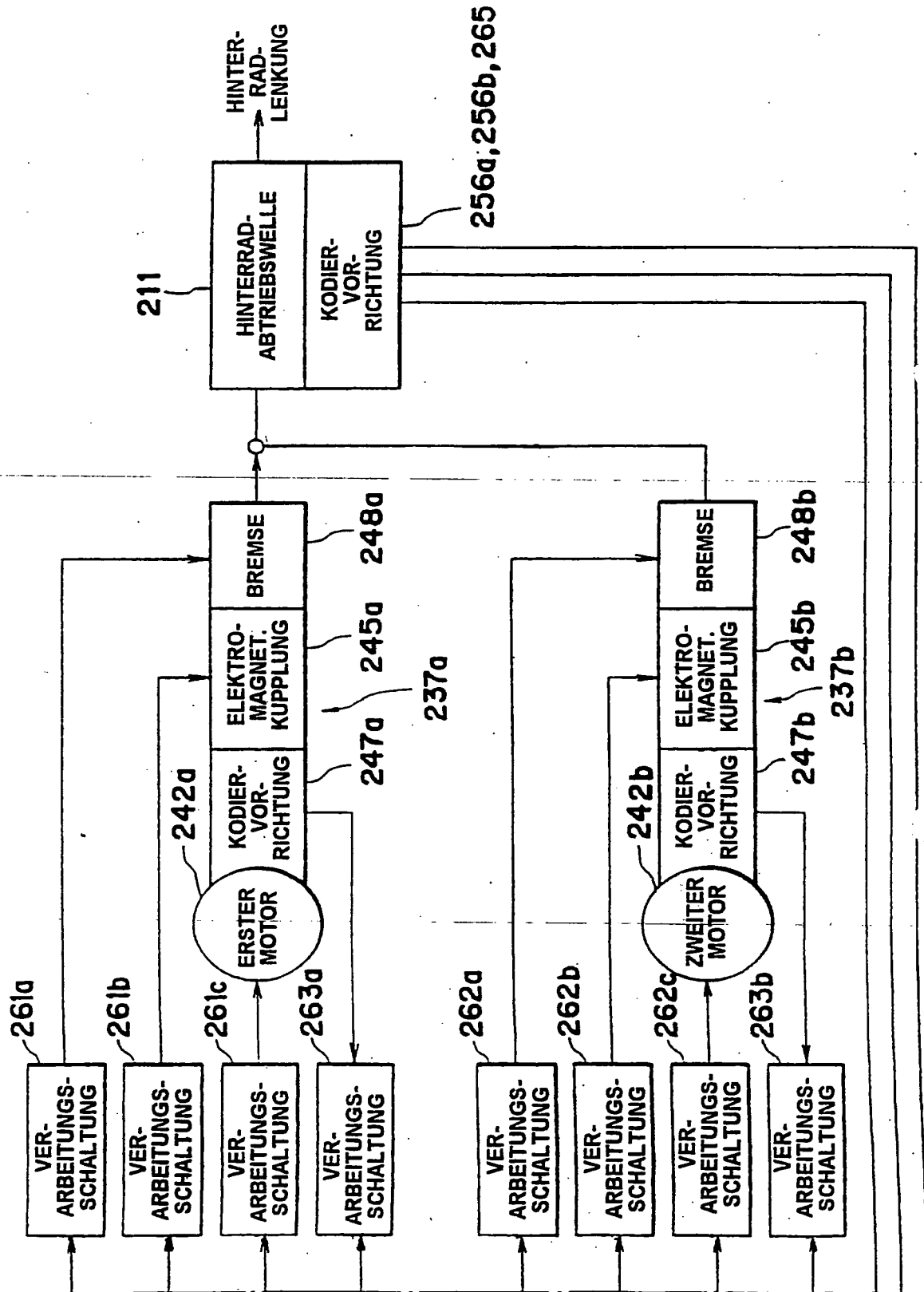




FIG. 13

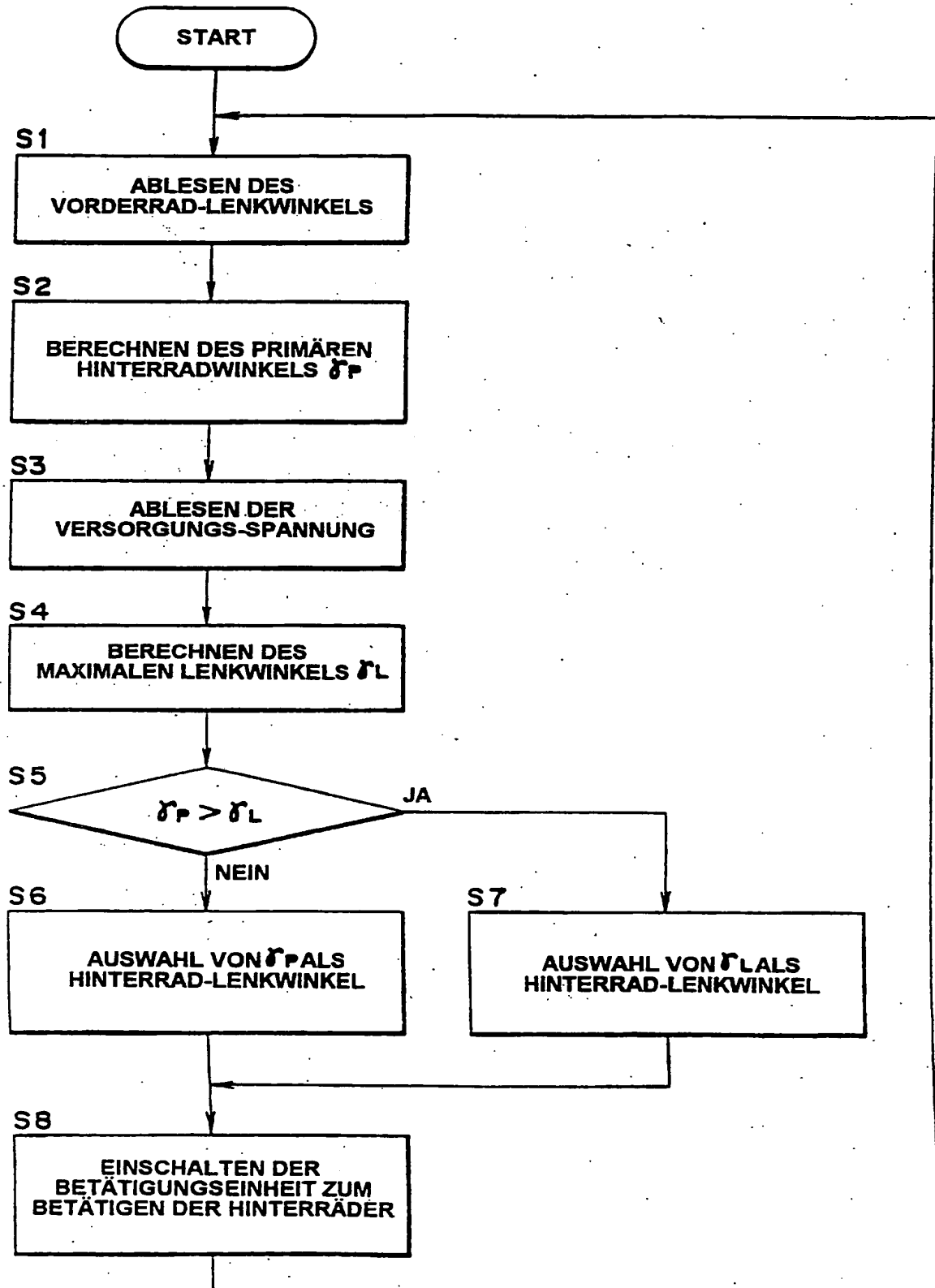


FIG. 14

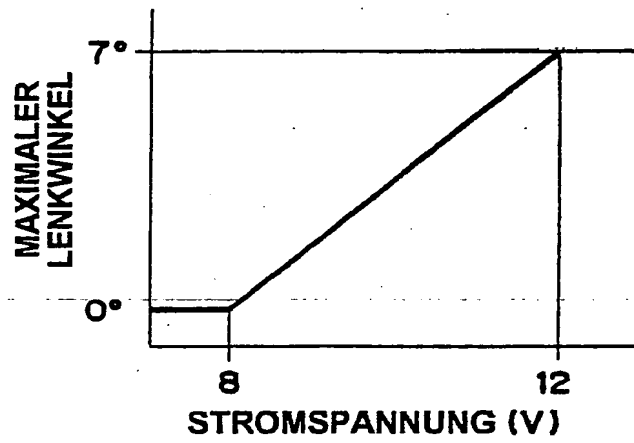


FIG. 15

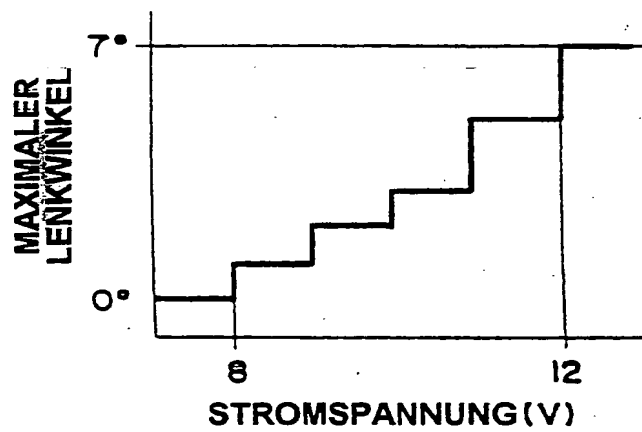




FIG. 17

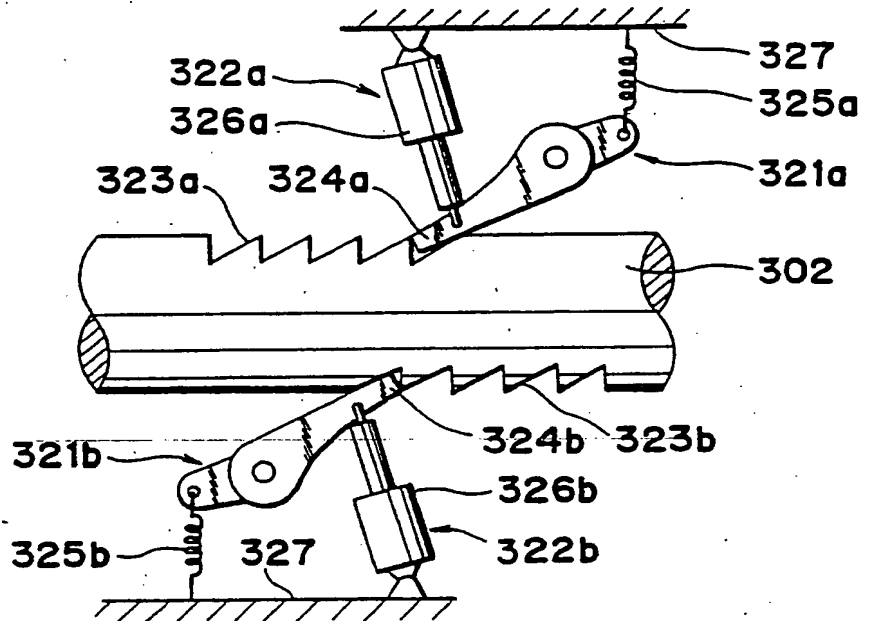


FIG. 18

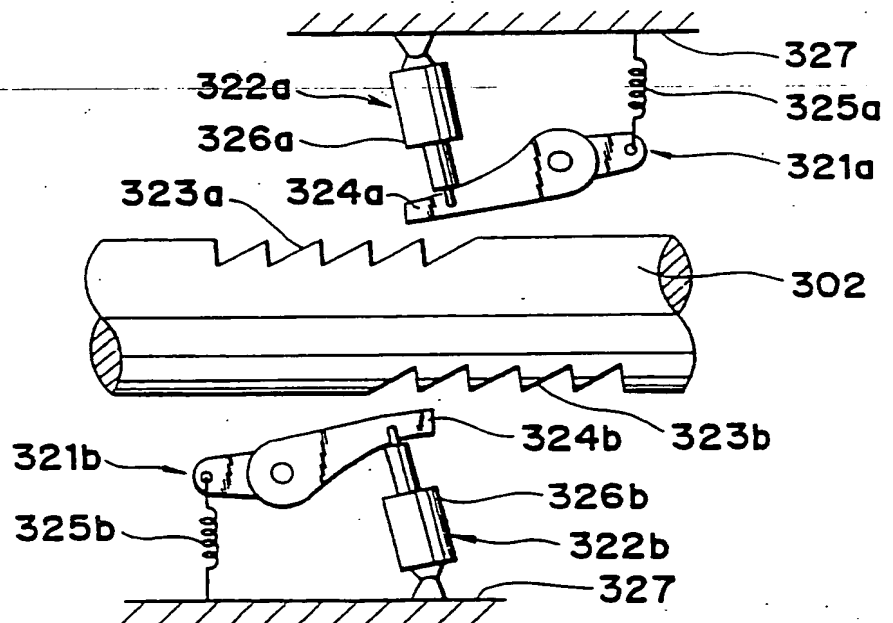
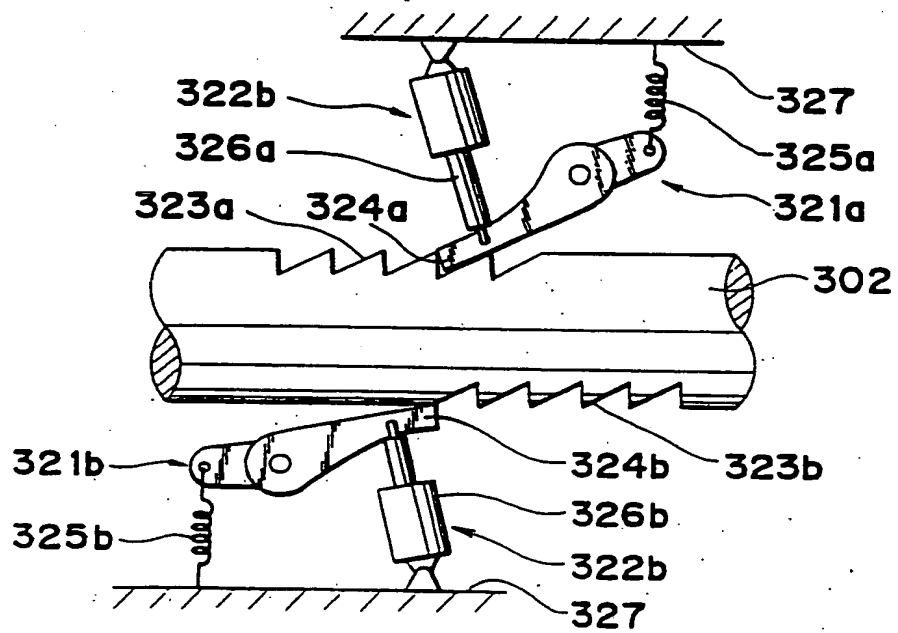


FIG. 19



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**